



*Manual de Processamento Mínimo
de Frutas e Hortaliças*

*Celso L. Moretti
Editor Técnico*



República Federativa do Brasil

Luiz Inácio Lula da Silva

Presidente

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Reinhold Stephanes

Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Conselho de Administração

Luiz Gomes de Souza

Presidente

Silvio Crestana

Vice-Presidente

Alexandre Kalil Pires

Hélio Tollini

Ernesto Paterniani

Cláudia Assunção dos Santos Viegas

Membros

Diretoria-Executiva da Embrapa

Silvio Crestana

Diretor-Presidente

José Geraldo Eugênio de França

Kepler Euclides Filho

Tatiana Deane de Abreu Sá

Diretores-Executivos

Embrapa Hortaliças

José Amauri Buso

Chefe-Geral

Carlos Alberto Lopes

Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

Gilmar Paulo Henz

Chefe Adjunto de Comunicação, Negócios e Apoio

Geni Litvin Villas-Boas

Chefe Adjunto de Administração

**Manual de
Processamento Mínimo
de Frutas e Hortaliças**

Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – SEBRAE

Entidades integrantes do Conselho Deliberativo Nacional do Sebrae

Associação Brasileira dos Sebraes Estaduais – Abase
Associação Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento das Empresas Industriais – Anpei
Associação Nacional das Entidades Promotoras de Empreendimentos de Tecnologias Avançadas – Anprotec
Confederação das Associações Comerciais do Brasil – CACB
Confederação Nacional da Agricultura – CNA
Confederação Nacional do Comércio – CNC
Confederação Nacional da Indústria – CNI
Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior – MDIC
Associação Brasileira de Instituições Financeiras de Desenvolvimento – ABDE
Banco do Brasil S.A. – BB
Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES
Caixa Econômica Federal – CEF
Financiadora de Estudos e Projetos – Finep

Presidente do Conselho Deliberativo Nacional do Sebrae

Adelmir Santana

Diretor-presidente do Sebrae Nacional

Paulo Tarciso Okamoto

Diretor-técnico do Sebrae Nacional

Luiz Carlos Barboza

Diretor de Administração e Finanças do Sebrae Nacional

Carlos Alberto dos Santos

Gerente de Atendimento Coletivo – Agronegócios e Territórios Específicos

Juarez de Paula

Gerente da Unidade de Acesso à Inovação Tecnológica

Paulo César Rezende Carvalho Alvim

Sebrae Nacional

SEPN Quadra 515, Bloco C, loja 32 – CEP 70770900 – Brasília DF
Telefone: (61) 3348 7100 – Fax: (61) 3347 4120
Site: www.sebrae.com.br

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Hortaliças
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas*

Manual de Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças

Celso L. Moretti
Editor Técnico

Brasília, DF
2007

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos nos seguintes locais:

Embrapa Hortaliças

BR 060 Rodovia Brasília-Anápolis, km 9
C. Postal 218
70359-970 Brasília-DF
Telefone (61) 3385-9009
E-mail: sac.hortalicas@embrapa.br

Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – Sebrae

SEPN Quadra 515, Bloco C, loja 32
CEP 70770900, Brasília DF
Telefone: (61) 3348-7100
Site: www.sebrae.com.br

Comitê de Publicações da Embrapa Hortaliças

Presidente: *Gilmar P. Henz*
Editora Técnica: *Flávia A. de Alcântara*
Membros: *Alice Maria Quezado Duval*
Edson Guiducci Filho
Milza Moreira Lana
Secretária-Executiva: *Fabiana S. Spada*

Coordenação pelo Sebrae

Maria Maurício
Léa Maria Lagares
Wang Hsiu Ching

Revisão de texto e tratamento editorial: *Renato Argôllo de Souza*

Diagramação e editoração eletrônica: *André Luís Xavier de Souza*

Capa: *Caroline T. de Moraes*

Fotos da capa: *Acervo Embrapa Hortaliças / B. S. Sousa*

1ª edição

1ª impressão (2007): 3.000 exemplares

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Hortaliças

Moretti, Celso Luiz

Manual de Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças / Celso Luiz Moretti —
Brasília : Embrapa Hortaliças, 2007.

531 p.

ISBN 978-85-7333-431-9

1. Frutas e Hortaliças – Processamento mínimo. I. Título.

CDD

© Sebrae 2007

Autores

Adimilson Bosco Chitarra, Dr.

Departamento de Ciência dos Alimentos
Universidade Federal de Lavras – UFLA
Lavras, MG
chitarra@ufla.br

Angelo Pedro Jacomino, Dr.

Departamento de Produção Vegetal
Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ
Universidade de São Paulo – USP
Piracicaba, SP
jacomino@esalq.usp.br

Ben-Hur Mattiuz, Dr.

Departamento de Tecnologia
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV
Universidade Estadual Paulista – UNESP
Jaboticabal, SP
benhur@fcav.unesp.br

Bianca Sarzi de Souza, Dra.

Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho, Agroindústria.
Rodovia Muzambinho, Km 35
Morro Preto, MG
bia_sarzi@yahoo.com.br

Carlos Alexandre Oliveira Gomes, M.Sc.

Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA
Ministério da Saúde
Brasília, DF
carlos.gomes@anvisa.gov.br

Celso Luiz Moretti, Dr.

Laboratório de Pós-colheita
Embrapa Hortaliças
Brasília, DF
moretti@cnph.embrapa.br

Ebenézer de Oliveira Silva, Dr.

Laboratório de Pós-colheita
Embrapa Agroindústria Tropical
Fortaleza, CE
bene@cnpat.embrapa.br

Eduardo Valério de Barros Vilas Boas, Dr.

Departamento de Ciência dos Alimentos
Universidade Federal de Lavras – UFLA
Lavras, MG
evbvboas@ufla.br

Encarna Aguayo Gimenez, Ph.D.

Departamento de Engenharia de Alimentos
Universidade Politécnica de Cartagena
Cartagena, Murcia, Espanha
encarna.aguayo@upct.es

Francisca Lígia de Castro Machado, Dra.

Secretaria de Agricultura e Pecuária – SEAGRI
Fortaleza, CE
ligiacmachado@yahoo.com

Francisco Artés Calero, Ph.D.

Departamento de Engenharia de Alimentos
Universidade Politécnica de Cartagena
Cartagena, Murcia, Espanha
fr.artes@upct.es

Gustavo Henrique de Almeida Teixeira, Dr.

Departamento de Tecnologia
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV
Universidade Estadual Paulista – UNESP
Jaboticabal, SP
teixeiragha@yahoo.com.br

Jeffrey K. Brecht, Ph.D.

Horticultural Sciences Department
University of Florida
Gainesville, Florida, EUA
jkb@ifas.ufl.edu

José Fernando Durigan, Dr.

Departamento de Tecnologia
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV
Universidade Estadual Paulista – UNESP
Jaboticabal, SP
jfduri@fcav.unesp.br

José Maria Monteiro Sigrist, Dr.

Grupo de Engenharia e Pós-colheita – GEPC
Instituto de Tecnologia de Alimentos – ITAL
Campinas, SP
jmms@ital.sp.gov.br

Juliana Rodrigues Donadon, M.Sc.

Departamento de Tecnologia
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV
Universidade Estadual Paulista – UNESP
Jaboticabal, SP
julianadonadon@yahoo.com.br

Kil Jin Park, Dr.

Faculdade de Engenharia Agrícola – FEAGRI
Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP
Campinas, SP
kil@agr.unicamp.br

Leonora Mansur Mattos, Dra.

Laboratório de Pós-colheita
Embrapa Hortaliças
Brasília, DF
leonora@cnph.embrapa.br

Lívia de Lacerda de Oliveira Pineli, M.Sc.

Laboratório de Ciência e Tecnologia de Alimentos
Universidade Católica de Brasília – UCB
Brasília, DF
pineli@ucb.br

Marcelo Augusto Gutierrez Carnelossi, Dr.

Departamento de Engenharia Química
Universidade Federal de Sergipe – UFS
São Cristóvão, SE
carnelossi@ufs.br

Maria Aparecida Antunes, Dra.

Departamento de Tecnologia de Alimentos
Universidade Federal de Viçosa – UFV
Viçosa, MG
tca@ufv.br

Maria Carolina Dario Vitti, M.Sc.

Departamento de Ciências Biológicas
Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ
Universidade de São Paulo – USP
Piracicaba, SP
mcdvitti@esalq.usp.br

Maria Cecília de Arruda, Dra.

Departamento de Descentralização do Desenvolvimento
Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios – APTA
Bauru, SP
mcarruda@apta regional.sp.gov.br

Maria Cristina Dantas Vanetti, Dra.
Departamento de Microbiologia
Universidade Federal de Viçosa – UFV
Viçosa, MG
mvanetti@ufv.br

Maria do Socorro Rocha Bastos, Dra.
Laboratório de Pós-colheita
Embrapa Agroindústria Tropical
Fortaleza, CE
socorro@cnpat.embrapa.br

Maria Inês Souza Dantas, M.Sc.
Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Universidade Federal de Viçosa – UFV
Viçosa, MG
msdantas@ufv.br

Maria Isabel Fernandes Chitarra, Dra.
Departamento de Ciência dos Alimentos
Universidade Federal de Lavras – UFLA
Lavras, MG
mifchitarra@ufla.br

Mikal E. Saltveit, Ph.D.
Department of Vegetable Crops
University of California
Davis, California, EUA
mesaltveit@ucdavis.edu

Nélio José de Andrade, Dr.
Departamento de Tecnologia de Alimentos
Universidade Federal de Viçosa – UFV
Viçosa, MG
nandrade@ufv.br

Nilda de Fátima Ferreira Soares, Ph.D.
Departamento de Tecnologia de Alimentos
Universidade Federal de Viçosa – UFV
Viçosa, MG
nfsoares@ufv.br

Peter M.A. Toivonen, Ph.D.
Agriculture and Agri-Food Canada,
Pacific Agri-Food Research Centre,
Summerland, British Columbia, Canadá
toivonenp@agr.gc.ca

Ricardo Alfredo Kluge, Dr.

Departamento de Ciências Biológicas
Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ
Universidade de São Paulo – USP
Piracicaba, SP
rakluge@esalq.usp.br

Ricardo Elesbão Alves, Dr.

Laboratório de Pós-colheita
Embrapa Agroindústria Tropical
Fortaleza, CE
elesbao@cnpat.embrapa.br

Robson Maia Geraldine, Dr.

Escola de Agronomia, Setor de Tecnologia de Alimentos
Universidade Federal de Goiás
Goiânia, GO
robson.ufg@bol.com.br

Rodrigo da Silveira Campos, M.Sc.

Laboratório de Cromatografia Líquida
Embrapa Agroindústria de Alimentos
Rio de Janeiro, RJ
camposrs@uol.com.br

Rolf Puschmann, Ph.D.

Departamento de Biologia Vegetal
Universidade Federal de Viçosa – UFV
Viçosa, MG
rolf@ufv.br

Sergio Agostinho Cenci, Dr.

Laboratório de Pós-colheita
Embrapa Agroindústria de Alimentos
Rio de Janeiro, RJ
cenci@ctaa.embrapa.br

Stefan Adriaan Coppelmans, B.Sc.

La Vita Hortaliças Premium
Holambra, SP
sac_lavita@yahoo.com.br

Stephen T. Talcott, Ph.D.

Nutrition and Food Science Department
Texas A&M University
College Station, Texas, EUA
stalcott@tamu.edu

Suzy Anne Alves Pinto

Secretaria de Agricultura e Pecuária – SEAGRI
Fortaleza, CE
seagri@seagri.ce.gov.br

Valéria Paula Rodrigues Minim, Dra.

Departamento de Tecnologia de Alimentos
Universidade Federal de Viçosa – UFV
Viçosa, MG
vprm@mail.ufv.br

Wigberto Antonio Spagnol, Dr.

Faculdade de Engenharia Agrícola – FEAGRI
Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP
Campinas, SP
wspagnol@terra.com.br

Apresentação

A produção mundial de frutas e hortaliças minimamente processadas tem crescido de maneira sustentável em diversas partes do mundo. Enquanto traz conveniência e variedade para os mercados institucionais e o varejo, a natureza típica desses produtos requer precisão no manuseio de tal forma a assegurar qualidade e vida de prateleira máximas, sem, no entanto, perder-se de vista a manutenção das condições sanitárias.

A miríade de formas usadas para o processamento e a comercialização desses produtos tem, por necessidade, criado uma demanda crescente por informações precisas, disponibilizadas no momento certo, sobretudo por parte daqueles envolvidos tanto na produção quanto na comercialização desses produtos.

Eu cumprimento o Dr. Celso Moretti por ter a visão de desenvolver os tópicos presentes no ***Manual de Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças***. Uma leitura atenta aos títulos dos capítulos presentes na obra revela a vasta gama de disciplinas requeridas para o sucesso da atividade de processamento mínimo de frutas e hortaliças. O Dr. Moretti conseguiu reunir um número significativo de renomados pesquisadores que atualmente trabalham em todo o mundo neste excitante campo da pesquisa e desenvolvimento, de tal forma a fornecer as mais recentes informações disponíveis. Sua eficácia e perseverança em traduzir os capítulos escritos em inglês e espanhol, bem como em editar e disponibilizar as informações contidas neste manual são verdadeiramente admiráveis.

Esta obra é sem dúvida uma contribuição incomensurável para os atuais e futuros profissionais que atuarão no setor de frutas e hortaliças minimamente processadas no Brasil.

Steven A. Sargent, Ph.D.

**Professor Titular de Pós-colheita de Produtos Hortícolas
University of Florida
Institute of Food and Agriculture Sciences / IFAS
Gainesville, Florida, EUA**

Sumário

Prefácio	21
PARTE I – ASPECTOS GERAIS DA TECNOLOGIA DE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS	23
Capítulo 1 – Panorama do processamento mínimo de frutas e hortaliças	25
1. Introdução	27
2. Breve histórico	27
3. Controle dos processos metabólicos.....	31
4. Segurança do alimento e aspectos microbiológicos	33
5. Embalagens.....	34
6. Comercialização	36
7. Futuro	38
8. Conclusões	38
9. Referências bibliográficas.....	39
Capítulo 2 – Alterações metabólicas	41
1. Introdução	43
2. Conseqüências dos estresses	44
3. Desordens	54
4. Qualidade sensorial	58
5. Fitonutrientes	63
6. Tratamentos para a manutenção da qualidade	72
7. Conclusões	76
8. Referências bibliográficas.....	77
Capítulo 3 – Higiene e sanitização	101
1. Introdução	103
2. Fluxograma do processamento mínimo de frutas e hortaliças	104
3. Recomendações técnicas de manuseio dos produtos antes e depois do processamento	105
4. Recomendações específicas para os manipuladores	109
5. Controle do ar no ambiente de processamento	111
6. Cuidados com os equipamentos e utensílios.....	113
7. Higienização da estrutura física e de ambientes	116
8. Qualidade da água	118
9. Referências bibliográficas.....	119
Capítulo 4 – Segurança dos alimentos	121
1. Introdução	123
2. Fatores de risco	123
3. Aplicação do sistema APPCC	130
4. Conclusão	137
5. Referências bibliográficas.....	137

Capítulo 5 – Microbiologia	141
1. Introdução	143
2. Microorganismos patogênicos	143
3. Etapas importantes na eliminação, inibição ou redução da microbiota	145
4. Agentes sanitizantes	146
5. Aspectos tecnológicos e contaminação microbiológica	147
6. Considerações finais	149
7. Referências bibliográficas	150
Capítulo 6 – Embalagens	153
1. Embalagem e produto	155
2. Tipos de embalagem	156
3. Atmosfera modificada	157
4. Revestimentos comestíveis	162
5. Revestimentos comestíveis antimicrobianos	164
6. Absorvedores de oxigênio	167
7. Referências bibliográficas	169
Capítulo 7 - Qualidade sensorial	173
1. Introdução	175
2. Métodos afetivos de análise sensorial	175
3. Nova tendência da análise sensorial	181
4. Exemplos de uso de técnicas sensoriais em produtos minimamente processados	182
5. Referências bibliográficas	189
PARTE II – FRUTAS MINIMAMENTE PROCESSADAS	193
Capítulo 8 – Processamento mínimo de abacaxi	195
1. Introdução	197
2. Fluxograma e descrição das etapas do processamento mínimo de abacaxi	198
3. Referências bibliográficas	202
Capítulo 9 – Processamento mínimo de carambola	205
1. Introdução	207
2. Fluxograma e descrição das etapas do processamento mínimo de carambola	208
3. Referências bibliográficas	212
Capítulo 10 – Processamento mínimo de goiaba	215
1. Introdução	217
2. Fluxograma e descrição das etapas do processamento mínimo de goiaba	217
3. Considerações finais	226
4. Referências bibliográficas	227
Capítulo 11 – Processamento mínimo de kiwi	229
1. Introdução	231
2. Colheita e manuseio pós-colheita	231

3. Efeitos do processamento mínimo sobre a fisiologia de kiwis	232
4. Fluxograma e descrição das etapas do processamento mínimo de kiwi	234
5. Manutenção da qualidade e extensão da vida de prateleira de kiwis minimamente processados	236
6. Considerações finais	241
7. Referências bibliográficas	241
Capítulo 12 – Processamento mínimo de maçã	243
1. Introdução	245
2. Fluxograma e descrição das etapas do processamento mínimo de maçã ..	247
3. Aspectos relacionados com rotulagem, qualidade e segurança	254
4. Controle de populações microbianas	256
5. Melhorias futuras de qualidade	257
6. Conclusões	258
7. Referências bibliográficas	259
Capítulo 13 – Processamento mínimo de mamão	263
1. Introdução	265
2. Fluxograma e descrição das etapas do processamento mínimo de mamão	267
3. Referências bibliográficas	270
Capítulo 14 – Processamento mínimo de manga	273
1. Introdução	275
2. Fluxograma e descrição das etapas do processamento mínimo de manga	276
3. Referências bibliográficas	281
Capítulo 15 – Processamento mínimo de frutas cítricas	283
1. Introdução	285
2. Fluxograma e descrição das etapas do processamento mínimo de frutas cítricas	286
3. Formas de apresentação	293
4. Considerações finais	293
5. Referências bibliográficas	294
PARTE III – HORTALIÇAS MINIMAMENTE PROCESSADAS	297
Capítulo 16 – Processamento mínimo de alface	299
1. Introdução	301
2. Fluxograma e descrição das etapas do processamento mínimo de alface ..	302
3. Fatores que influenciam a qualidade	314
4. Aspectos fisiológicos e bioquímicos	327
5. Aspectos microbiológicos	334
6. Uso de aditivos químicos	336
7. Referências bibliográficas	337
Capítulo 17 – Processamento mínimo de batata	343
1. Introdução	345

2. Fluxograma e descrição das etapas do processamento mínimo de batata .	347
3. Alterações fisiológicas	354
4. Conclusões	363
5. Referências bibliográficas	363
Capítulo 18 – Processamento mínimo de beterraba	373
1. Introdução	375
2. Fluxograma e descrição das etapas do processamento mínimo de beterraba	376
3. Referências bibliográficas	381
Capítulo 19 – Processamento mínimo de brócolis	383
1. Introdução	385
2. Colheita e manuseio pós-colheita	385
3. Cuidados com a matéria-prima antes do processamento	386
4. Fluxograma e descrição das etapas do processamento mínimo de brócolis	386
5. Literatura consultada	392
Capítulo 20 – Processamento mínimo de minicenoura	397
1. Introdução	399
2. Histórico do desenvolvimento da minicenoura	399
3. Fluxograma e descrição das etapas do processamento mínimo de minicenoura	401
4. Controle do esbranquiçamento	409
5. Considerações finais	411
6. Referências bibliográficas	412
Capítulo 21 – Processamento mínimo de couve	415
1. Introdução	417
2. Fluxograma e descrição das etapas do processamento mínimo de folhas de couve	417
3. Referências bibliográficas	429
Capítulo 22 – Processamento mínimo de feijão-vagem	431
1. Introdução	433
2. Colheita e manuseio pós-colheita	433
3. Cuidados com a matéria-prima antes do processamento	434
4. Fluxograma e descrição das etapas do processamento mínimo de feijão- vagem	436
5. Referências bibliográficas	443
Capítulo 23 – Processamento mínimo de melancia	445
1. Introdução	447
2. Fluxograma e descrição das etapas do processamento mínimo de melancia	447
3. Literatura consultada	452
Capítulo 24 – Processamento mínimo de melão	453
1. Introdução	455

2. Colheita e manuseio pós-colheita	455
3. Fluxograma e descrição das etapas do processamento mínimo de melão ..	455
4. Referências bibliográficas e outras obras consultadas	462
Capítulo 25 – Processamento mínimo de repolho	465
1. Introdução	467
2. Fluxograma e descrição das etapas do processamento mínimo de repolho	467
3. Referências bibliográficas	481
Capítulo 26 – Processamento mínimo de rúcula	483
1. Introdução	485
2. Colheita e manuseio pós-colheita	486
3. Cuidados com a matéria-prima antes do processamento	487
4. Fluxograma e descrição das etapas do processamento mínimo de rúcula ..	488
5. Referências bibliográficas	494
Capítulo 27 – Processamento mínimo de tomate	497
1. Considerações gerais e mercado	499
2. Fluxograma e descrição das etapas do processamento mínimo de tomate	500
3. Qualidade do tomate minimamente processado	507
4. Evolução fisiológica do tomate minimamente processado	513
5. Controle de qualidade	517
6. Referências bibliográficas	521

Prefácio

O consumo de frutas e hortaliças tem aumentado em todo o mundo em função de a sociedade moderna buscar, a cada dia, hábitos de vida mais saudáveis e naturais. A conveniência e a praticidade na hora de comprar e consumir frutas e hortaliças têm levado consumidores a demandar produtos prontos para o consumo ou que exigem pouco ou nenhum preparo para serem consumidos com segurança. É nesse contexto que se inserem as frutas e hortaliças minimamente processadas, que cada vez mais têm ocupado espaço nas gôndolas de supermercados e de lojas de conveniência em diversos países.

Um longo caminho foi percorrido desde que as primeiras saladas embaladas foram comercializadas na década de 30 do século passado nos Estados Unidos da América (EUA), sem refinamento tecnológico algum, até os dias de hoje, quando técnicas como atmosfera modificada e embalagens ativas são comumente empregadas em diversas partes do mundo.

As primeiras ações de pesquisa e desenvolvimento de tecnologia de processamento mínimo de frutas e hortaliças no Brasil iniciaram-se na última década do século passado, em diversas universidades e centros de pesquisa. Desde então, é grande a quantidade de informação produzida. No final do ano de 2002, um grupo de pesquisadores reunidos em Brasília, DF, decidiu que era chegada a hora de reunir, sistematizar, organizar e disseminar as informações disponíveis sobre o tema.

Foi assim que, no ano de 2003, demos início ao trabalho paciente de reunir a maior quantidade possível de informações que permitissem a publicação desta obra, com a grande preocupação de abordar, da forma mais completa possível, as diversas disciplinas que compõem a tecnologia de processamento mínimo de frutas e hortaliças. Não foram medidos esforços para contatar os melhores técnicos brasileiros e estrangeiros que atuam na área, buscando o enfoque de questões como alterações metabólicas associadas ao processamento mínimo, embalagens e aspectos microbiológicos, sensoriais e de segurança do produto, dentre outros.

Nessa jornada, tivemos a grata satisfação de contar com a colaboração de técnicos do Agriculture and Agri-Food Canada (Canadá), da Universidade Politécnica de Cartagena (Espanha), da Universidade da Califórnia (Davis, EUA), da Universidade da Flórida (Gainesville, EUA) e da Texas A&M University (Texas, EUA). Do Brasil, participaram profissionais altamente capacitados, de diferentes instituições, como Embrapa (Embrapa Agroindústria de Alimentos, Embrapa Agroindústria Tropical e Embrapa Hortaliças), Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Universidade Estadual Paulista (UNESP – Campus de Jaboticabal), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), Universidade Federal de Goiás (UFG), Universidade Federal de Lavras (UFLA), Universidade Federal

de Sergipe (UFS), Universidade Federal de Viçosa (UFV), Universidade Católica de Brasília (UCB), Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho (MG), Secretaria de Agricultura e Pecuária do Ceará (SEAGRI) e da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA – Bauru, SP).

Pretendemos, com a presente obra, oferecer uma contribuição ao avanço e à consolidação da tecnologia de processamento mínimo de frutas e hortaliças no Brasil, fornecendo elementos para que as empresas envolvidas nesse segmento agroindustrial possam ser mais competitivas e sustentáveis, tanto no mercado interno quanto externo. Buscamos ainda contribuir para a agregação de valor à produção da agricultura familiar, de forma a que ela possa ampliar a geração de renda e emprego nas diversas regiões brasileiras. Espera-se, também, que este Manual sirva de subsídio para o fortalecimento da agroindústria de alimentos e para políticas que estimulem essa fascinante atividade agroindustrial.

O Manual compreende três partes e **vinte e sete capítulos**, assim estruturado para facilitar a leitura e a compreensão. Na primeira parte, dividida em **sete capítulos**, são abordados os aspectos gerais da tecnologia de processamento mínimo de frutas e hortaliças. A segunda parte, intitulada Frutas Minimamente Processadas, descreve processos completos de processamento mínimo de **oito diferentes espécies de frutas**. E a terceira e última parte, Hortaliças Minimamente Processadas, trata da tecnologia de processamento mínimo de **doze diferentes espécies de hortaliças**.

O texto foi elaborado em linguagem técnico-científica, tomando-se, entretanto, o cuidado de não torná-la enfadonha, rebuscada ou incompreensível, para que fosse acessível tanto a engenheiros, a estudantes de graduação e de pós-graduação e a técnicos da área de pesquisa, ensino e extensão quanto a produtores e empresários proprietários de agroindústrias de diferentes portes.

Apesar de todo o esforço empreendido na uniformização de terminologia e no formato de apresentação, resolveu-se respeitar o estilo de redação e apresentação de cada autor. Assim, o leitor observará que alguns capítulos tendem a apresentar o assunto na forma de artigos técnico-científicos, enquanto outros o fazem de uma forma mais livre, similarmente ao verificado em manuais. Não temos dúvidas de que ambas as formas são válidas e trarão novas informações técnicas àqueles dedicados à atividade de processamento mínimo de frutas e hortaliças.

Celso L. Moretti
Editor Técnico

Parte I

Aspectos Gerais da Tecnologia de Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças



Capítulo 1

Panorama do processamento mínimo de frutas e hortaliças

Celso L. Moretti

1. Introdução

Frutas e hortaliças minimamente processadas são, em essência, vegetais que passaram por alterações físicas, isto é, foram descascados, picados, torneados e ralados, dentre outros processos, mas mantidos no estado fresco e metabolicamente ativos.

A tecnologia de processamento mínimo de frutas e hortaliças tem experimentado significativo incremento nos últimos anos. No Brasil, desde o início das pesquisas com frutas e hortaliças minimamente processadas, na década de 90, houve avanço expressivo no domínio dos diferentes processos associados a esse segmento da agroindústria. Tal avanço foi possível graças ao empenho de diferentes grupos de pesquisa e desenvolvimento, que, não obstante as sucessivas crises pelas quais tem passado o setor de Ciência, Tecnologia e Inovação no Brasil, não mediram esforços na busca de soluções para os diversos entraves vividos pelo setor produtivo, o que gerou um número expressivo de projetos, publicações, palestras, seminários, treinamentos, teses e dissertações de cursos de pós-graduação sobre o assunto.

Apesar de todas as conquistas obtidas nesses últimos anos, não há dúvida de que muito ainda precisa ser feito. Entraves tecnológicos como o escurecimento enzimático de folhosas e tubérculos e o esbranquiçamento de algumas raízes, a inadequação de filmes de plástico ou mesmo de combinações de gases para o acondicionamento de frutas e hortaliças, a existência de agroindústrias operando sem o mínimo de condições higiênicas, o desconhecimento tanto por parte de processadores quanto de supermercadistas da importância da manutenção da cadeia do frio e o desenvolvimento de novos produtos e ferramentas de comercialização são desafios que ainda estão por ser vencidos pelos diversos atores envolvidos com a atividade de processamento mínimo de frutas e hortaliças no Brasil.

Um panorama sobre a tecnologia de processamento mínimo de frutas e hortaliças é apresentado a seguir, enfocando alguns dos principais tópicos desse processo, bem como a realidade das agroindústrias nacionais e as possíveis soluções que estão sendo avaliadas para os problemas existentes. Salienta-se que muitos dos tópicos abordados neste capítulo serão discutidos de maneira mais ampla e completa nos demais capítulos deste livro.

2. Breve histórico

Produtos minimamente processados estão disponíveis no mercado norte-americano desde os anos 30 do século passado. Saladas embaladas podiam ser encontradas em quitandas e em pequenos mercados no ano de 1938 na costa Oeste e a partir dos anos 40 na costa Leste dos EUA (IFPA, 1999). Todavia, a atividade de processamento mínimo começou realmente a crescer a partir da década de 50, nos EUA, com o surgimento das redes de alimentação rápida ("fast food"). O negócio começou pelos irmãos Richard e Maurice McDonald,

inicialmente um restaurante onde os clientes tinham um serviço rápido e eficiente, foi um dos primeiros empreendimentos a demandar produtos minimamente processados e, com isso, estimular a estruturação de empresas nesse setor. O negócio, posteriormente comprado por um ex-caixeiro-viajante e bem-sucedido representante de vendas de batedeiras de “milk-shakes”, chamado Ray Kroc, se tornaria mais tarde na maior cadeia de “fast food” do mundo (McDONALD’S, 2005).

A alface era um dos principais ingredientes dos diferentes sanduíches consumidos e foi uma das primeiras hortaliças comercializadas na forma minimamente processada. Um dos primeiros desafios enfrentados pelos processadores foi a ocorrência de escurecimento enzimático na nervura central da alface, problema que persiste em grande parte dos genótipos de alface empregados na produção de saladas minimamente processadas. Depois da alface vieram a cebola, a cenoura, o salsão e outras folhosas.

A indústria de minimamente processados percorreu um longo caminho desde seu início nos anos 50. Naquela época, a atividade de processamento mínimo não tinha embasamento técnico-científico como nos dias de hoje e era realizada com base no princípio da tentativa-e-erro. O uso de embalagens para produtos minimamente processados era ainda muito rudimentar, limitando-se ao envolvimento dos produtos com papel celofane, como ainda é feito para alguns produtos consumidos *in natura*.

Nos anos 70, com o aumento da demanda das redes de “fast food” nos EUA, sobretudo por alface e cebola processadas, as empresas começaram a procurar centros de excelência para o desenvolvimento de novas tecnologias, mais baratas e eficientes. Naquela época, a maioria dos processadores era composta de proprietários de casas de embalagem de alface e cebola. Com a demanda de restaurantes e de outras empresas, eles resolveram colocar, ao lado das linhas de classificação de produtos *in natura*, linhas para processar alface e cebola. No início, eram usadas as mesmas embalagens de maçãs e cebolas frescas. Mas rapidamente os processadores perceberam a necessidade de diferentes filmes de plástico para diferentes produtos.

Inicialmente, as embalagens eram fechadas com lacres metálicos. Os sacos de plástico eram fechados manualmente, por meio de uma leve torção em sua extremidade, e o lacre metálico era então usado para fechar a embalagem. Logo os processadores verificaram que havia um alto risco de que aquele corpo metálico fosse parar na salada de um cliente, o que poderia acarretar sérios prejuízos à saúde do consumidor e ao negócio como um todo. Foi então que a selagem com alta temperatura (termosselagem) começou a ser empregada em maior escala.

Em seguida, o mercado passou a exigir não somente saladas de diferentes tipos de alface, mas saladas de misturas variadas de hortaliças como cenoura, salsão, brócolis e alface, juntos numa mesma embalagem. Mais uma vez as empresas tiveram de se adequar à demanda mercadológica e saíram em busca de

novas técnicas de atmosfera modificada que pudessem garantir a vida de prateleira desejada, que naquela época era de dez dias.

Ainda nos anos 70, novamente em função de pressões de mercado, as empresas começaram a melhorar em segurança e inocuidade, buscando novas técnicas que permitissem que as saladas minimamente processadas pudessem ser consumidas sem problemas por consumidores de diversas faixas etárias. Profissionais capacitados foram contratados pelas empresas, e o monitoramento das diversas etapas do processo, principalmente no que diz respeito à cadeia do frio, começou a ser observado mais de perto.

Foi na década de 80, mais precisamente a partir de 1987, que a indústria de processamento mínimo nos EUA deu um grande salto, com a automação do processo de embalagem. Esse foi um dos principais passos para as empresas obter maior escala e conseguir atender à demanda crescente do mercado de saladas prontas. Num país onde a mão-de-obra era cara, o emprego de equipamentos que possibilitassem a automação de processos era uma questão de sobrevivência. Assim, na empresa South Bay Growers, localizada na Flórida, dez empregados que trabalhavam embalando saladas minimamente processadas foram substituídos por uma embaladora automática (IFPA, 1999).

Com o advento das embaladoras automáticas veio a necessidade de desenvolver filmes de plástico mais resistentes, que suportassem as elevadas tensões e a temperatura empregada nessas máquinas. Foi somente no início dos anos 90 que chegaram ao mercado norte-americano de produtos minimamente processados os filmes com permeabilidade seletiva a gases, possibilitando que a vida de prateleira de hortaliças como brócolis e milho-doce, que possuem elevada atividade metabólica, pudesse ser estendida. Com a melhoria das técnicas de embalagem, as empresas começaram a se comunicar de forma mais interativa com os consumidores, colocando diversas informações na embalagem com o objetivo de atrair novos clientes, sobretudo no mercado varejista.

Ao redor de 1994 surgiu também nos EUA um novo produto que contribuiu de forma significativa para o incremento do mercado de saladas minimamente processadas: as minicenouras. Desenvolvidas a partir de raízes melhoradas especificamente para esse fim, as “baby carrots” em pouco tempo tornaram-se um produto com excelente penetração no mercado, principalmente junto ao público infantil.

Apesar de toda a tecnologia de embalagem e dos equipamentos disponíveis, o manejo correto da cadeia do frio durante as etapas de processamento, armazenamento, transporte e comercialização de saladas minimamente processadas mostrou ser o principal ponto a ser observado pelas empresas e consumidores na busca por um produto de excelente qualidade.

No Brasil, similarmente ao verificado no mercado norte-americano, o início da atividade de processamento mínimo de frutas e hortaliças ocorreu com a

chegada das redes de “fast food” ao País, no final da década de 70. Mais uma vez a alface, dada a sua importância nos cardápios nesses tipos de restaurantes, foi a hortaliça mais comercializada, seguida por cebola e cenoura. Inicialmente, as técnicas empregadas no Brasil eram quase em sua totalidade copiadas de outros países, pois o Brasil ainda carecia de informações e de tecnologia própria. Todavia, com a abertura de lojas de uma grande rede de “fast food” no Rio de Janeiro, em 1979, e em São Paulo, em 1981, fez-se necessária a busca por tecnologia nacional de processamento mínimo de hortaliças, para atender à demanda.

No início, as primeiras empresas, a exemplo do que se observou no mercado norte-americano, usaram a estratégia tentativa-e-erro para desenvolver seus produtos. A falta de equipamentos e de tecnologia aplicada às cultivares e aos híbridos nacionais não foi um entrave para que os criativos empresários brasileiros desenvolvessem técnicas próprias de processamento mínimo de frutas e hortaliças. A adaptação de chuveiros caseiros para enxágüe e pré-lavagem e o uso de sistemas empregados em banheiras de hidromassagem na lavagem de folhosas mostraram-se eficientes na década de 80, quando ainda era incipiente a atividade no País.

Todavia, a partir de meados dos anos 90, iniciou-se no Brasil, de forma consistente e sistematizada, a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologia de processamento mínimo de frutas e hortaliças, o que possibilitou que muitos empresários pudessem atuar no setor de forma mais organizada, sustentável e competitiva. Cabe aqui ressaltar os esforços de universidades, institutos de pesquisa e outras instituições, que contribuíram de forma efetiva para o desenvolvimento de dezenas de pacotes tecnológicos, tanto para frutas quanto para hortaliças.

Em 1995 o Governo do Distrito Federal criou um programa de estímulo ao desenvolvimento de negócios familiares denominado Programa de Verticalização da Pequena Produção Agrícola (PROVE). Com essa iniciativa, surgiram mais de dez pequenas agroindústrias de processamento mínimo de frutas e hortaliças no DF. Em 1998 eram produzidas, mensalmente, no DF, 80 toneladas de couve minimamente processada (MORETTI *et al.*, 2000).

A partir do final da década de 90, diversos projetos de pesquisa e desenvolvimento aprovados junto a agências de fomento, nacionais e internacionais, permitiram que tecnologia nacional fosse desenvolvida para o processamento mínimo de genótipos nacionais de frutas e hortaliças. Hoje, no Brasil, já existem programas de melhoramento genético especificamente voltados para a obtenção de cultivares e híbridos destinados ao processamento mínimo.

Um exemplo é o programa de melhoramento genético de cenouras da Embrapa Hortaliças, que, nos últimos cinco anos, lançou duas cultivares de cenoura com características desejáveis para processamento mínimo. Em 2000 foi lançada a cenoura ‘Alvorada’, que tem coloração do miolo da raiz (xilema e floema) mais

alaranjada e uniforme e outras características que lhe conferem melhor qualidade para aproveitamento industrial. Recentemente foi lançada a cenoura 'Esplanada', que, além de incorporar as qualidades positivas da 'Alvorada', produz raízes mais finas e alongadas, o que possibilita ganhos de produtividade no processamento.

Outra linha de pesquisa, essa financiada pelo Projeto de Apoio ao Desenvolvimento de Tecnologia Agropecuária para o Brasil (PRODETAB), administrado pela Embrapa, é a de aproveitamento de resíduos do processamento mínimo de frutas e hortaliças, com o objetivo principal de dar destinação nobre à grande quantidade de resíduos orgânicos resultantes do processamento. Assim, produtos como farinha e macarrão de cenoura foram desenvolvidos pela Embrapa Hortaliças como mais uma alternativa de agregação de valor e geração de renda para agroindústrias familiares.

3. Controle dos processos metabólicos

Frutas e hortaliças minimamente processadas são vegetais que foram manipulados com o propósito de alterar a sua apresentação para consumo. O processamento mínimo ocasiona alterações físicas e fisiológicas que afetam a viabilidade e a qualidade do produto. Para continuar viáveis, os produtos processados devem ser mantidos frescos e com a qualidade preservada por um período razoável de tempo (SALTVEIT, 1997).

O conhecimento existente até o momento no que tange à fisiologia e aos requerimentos de manuseio pós-colheita indica que produtos minimamente processados se comportam de maneira distinta e, portanto, devem ser manuseados de maneira diferente das frutas e hortaliças intactas. Isso implica que o conhecimento acumulado sobre a fisiologia e o manuseio de frutas e hortaliças intactas deve ser reexaminado, além de que novos estudos devem ser desenvolvidos para cada produto minimamente processado (BRECHT, 1995). O produto minimamente processado apresenta maior perecibilidade em comparação ao produto intacto e, portanto, é extremamente importante que novos estudos sejam conduzidos enfocando compostos de importância funcional, bem como alterações que ocorrem na fisiologia desses produtos.

Os estresses sofridos pelos tecidos vegetais geram respostas fisiológicas como aumentos transientes na evolução de etileno e elevação na atividade respiratória. Tais eventos podem estar interligados com a indução do metabolismo de compostos fenólicos e com o processo de cicatrização dos tecidos. Os danos mecânicos causados pelas diferentes etapas de preparo de produtos minimamente processados podem também causar a degradação de lipídios das membranas celulares (PICHIONNI *et al.*, 1994; ZHUANG *et al.*, 1997).

Outros processos metabólicos associados ao processamento mínimo de frutas e hortaliças são o escurecimento proveniente da oxidação de compostos fenólicos e o amarelecimento decorrente da perda de clorofila. Tais fenômenos ocorrem sobretudo por causa da perda da compartimentalização entre substratos

e enzimas, ocasionando a liberação de ácidos e enzimas, os quais podem então entrar em contato com seus respectivos substratos. Produtos com altos níveis constitutivos de compostos fenólicos, como alcachofra e batata, escurecem facilmente quando o tecido injuriado é exposto ao oxigênio presente no ar atmosférico (LAURILA *et al.*, 1998).

Os processos de formação de anaerobiose também devem ser controlados, uma vez que, em sua esmagadora maioria, frutas e hortaliças minimamente processadas estão sujeitas a níveis diferenciados de O₂ e CO₂ em embalagens com atmosfera modificada e como resultado da aplicação de revestimentos comestíveis. Há sempre o perigo de que os produtos possam ser expostos a concentrações muito baixas de O₂ ou muito elevadas de CO₂, que podem induzir processos fermentativos. Níveis elevados desses elementos diminuem o pH do citoplasma, a concentração de ATP e a atividade da desidrogenase, enquanto a piruvato descarboxilase, a álcool desidrogenase e a lactato desidrogenase são induzidas ou ativadas (KADER e SALTVEIT, 2003).

Os diversos processos metabólicos produzem, na maioria das vezes, alterações sensoriais importantes. Produtos minimamente processados de alta qualidade devem possuir aparência fresca e consistente, textura aceitável, sabor e aroma característicos, além de vida de prateleira suficiente para que sobrevivam ao sistema de distribuição.

Outro ponto não menos importante diz respeito à evidência de que o consumo regular de frutas e hortaliças tem um prolongado efeito benéfico na saúde dos indivíduos e pode reduzir o risco de ocorrência de câncer e de outras doenças crônicas como as coronarianas. As frutas e hortaliças possuem em sua constituição uma variedade considerável de fitoquímicos, como polifenóis, vitaminas **C** e **E**, betacaroteno e outros carotenóides, tidos como compostos funcionais, com características antimutagênicas, anticancerígenas e inibidoras de diferentes tipos de câncer que são induzidos quimicamente. Tais fitoquímicos são conhecidos como “vitaminas antioxidantes”, apesar do betacaroteno ser na verdade uma pró-vitamina A (ELLIOTT, 1999).

O controle da temperatura, quando associado ao uso criterioso de embalagens e de tecnologia de modificação de atmosfera, é eficaz no controle dos processos metabólicos descritos anteriormente. Todavia, a temperatura ideal de manuseio, armazenamento e comercialização de frutas e hortaliças minimamente processadas geralmente não é respeitada. Em estudos realizados no Distrito Federal, Nascimento *et al.* (2003) verificaram a temperatura de comercialização em oito equipamentos de varejo, sendo quatro supermercados e quatro hipermercados, e observaram que, em média, a temperatura de comercialização de seis diferentes tipos de hortaliças minimamente processadas estava sempre acima de 10°C, o dobro da temperatura recomendada. Além de reduzir a vida de prateleira dos produtos, temperaturas elevadas possibilitam o desenvolvimento de microorganismos patogênicos ao ser humano, tornando os produtos uma ameaça potencial à saúde pública.

4. Segurança do alimento e aspectos microbiológicos

A segurança da fruta e da hortaliça minimamente processada é pressuposto básico para o sucesso de empreendimentos nesse ramo de negócio agroindustrial. Desde a observância de regras básicas de Boas Práticas de Fabricação (BPF) até a adoção de ferramentas de gestão de qualidade, como a Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC), as indústrias devem assegurar aos seus consumidores que seu produto é seguro e livre de contaminação química, física e microbiológica.

Em matéria veiculada em maio de 2004, no jornal **Folha de São Paulo**, intitulada “Verdura pronta para o consumo é reprovada”, o Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor (IDEC) apresentou dados referentes a uma pesquisa realizada em onze estabelecimentos comerciais de São Paulo e da região do Grande ABC Paulista. Foram encontrados coliformes fecais acima dos limites determinados pelo Ministério da Saúde em nove de vinte e cinco amostras de hortaliças minimamente processadas das principais marcas. Os exames nas amostras (sete de agrião, nove de alface e nove de cenoura) foram realizados pelos laboratórios do Instituto Adolfo Lutz e constataram concentrações de coliformes que variaram de 200 a 750 unidades formadoras de colônia (UFC) por grama. O índice de desconformidade com o padrão, de 36%, foi considerado inaceitável pela entidade.

Os processadores devem estar atentos ao fato de que estão produzindo alimentos cuja filosofia é: “Direto da embalagem para a mesa do consumidor”. Portanto, devem se preocupar com a higiene e demais processos de sanitização. Estudos demonstram que a carga microbiológica que as matérias-primas vegetais possuem no momento da colheita está acima de 100 UFC por grama de matéria fresca. Dentre os microorganismos mais comuns encontrados, citam-se: bactérias, fungos e leveduras. Dentre as bactérias patogênicas, citam-se as do gênero *Salmonella* e *Clostridium*. Em geral, 50% a 90% da população microbiana de frutas e hortaliças são bactérias do gênero *Pseudomonas* (IFPA, 2001).

Reduções significativas da população microbiana em frutas e hortaliças minimamente processadas podem ser obtidas com compostos sanitizantes. A eficiência desses compostos na sanitização depende de fatores que atuam isoladamente ou em conjunto, como pH, temperatura da água, tempo de contato, natureza da superfície dos produtos e carga microbiana inicial.

O cloro é o agente sanitizante mais empregado. Estudos têm demonstrado que concentrações de cloro livre de 50 ppm a 200 ppm podem inativar células vegetativas de bactérias e fungos (SIMONS e SANGUANSRI, 1997). Todavia, as concentrações para cada produto devem ser estudadas detalhadamente. O controle da concentração do cloro é um ponto-chave no sucesso da sanitização. Concentrações muito elevadas podem causar problemas como descoloração, perda de qualidade e aumento na corrosão de equipamentos. Outro ponto importante diz respeito à formação de trihalometanos e cloraminas, que ocorrem

pela combinação do cloro com a matéria orgânica (GARG *et al.*, 1990; PARK e LEE, 1995).

Infelizmente, existem muitas agroindústrias no Brasil que estão relegando a segurança dos alimentos e a higiene, assuntos específicos de um capítulo deste livro, a planos inferiores, o que tem contribuído para que ainda exista um certo preconceito por parte do consumidor em comprar frutas e hortaliças minimamente processadas. Pelo fato de, até o momento, inexistir legislação que regulamente o setor, vê-se, com pesar, a cada dia, o surgimento de “empresas de fundo de quintal” que conseguem colocar seu produto no mercado consumidor.

Essa realidade não é um “privilégio” brasileiro. Em uma grande região produtora de alho (em torno de 400 mil hectares) na China, constatou-se que o alho minimamente processado nas agroindústrias locais também padece do mesmo mal de algumas hortaliças minimamente processadas no Brasil: condições precárias de higiene. No caso chinês, foi possível observar galpões de processamento mínimo com portas e janelas abertas e sem telas e com fluxo irrestrito de pessoas à área de produção.

Centros brasileiros de excelência em P&D têm desenvolvido estudos de processos de higienização de superfícies e testado distintos compostos sanitizantes. Pesquisam também protocolos para a quantificação de compostos potencialmente carcinogênicos, como os trihalometanos e as cloraminas. Os conhecimentos obtidos estão sendo transferidos aos diversos atores do agronegócio brasileiro de processamento mínimo de frutas e hortaliças.

5. Embalagens

O sucesso das frutas e hortaliças minimamente processadas deve-se em grande parte à agregação de valor aos produtos e ao fato de os produtos serem entregues nos pontos de venda prontos para o consumo. Além do controle da temperatura, já mencionado, outro importante fator para assegurar a qualidade desses produtos para o consumo é a embalagem. A atmosfera modificada pela embalagem que envolve os produtos e pela temperatura deve contribuir para a manutenção do frescor, para o aumento da vida de prateleira e, em última análise, para a elevação das vendas.

O emprego de embalagens com atmosfera modificada baseia-se no princípio da redução do metabolismo vegetal em ambientes com reduzidas tensões de oxigênio, dentro de certos limites. À medida que a tensão de oxigênio cai abaixo de 10%, a atividade respiratória tende a reduzir. Estudos têm demonstrado que a diminuição das concentrações de O₂ juntamente com a elevação de CO₂ são mais eficientes para reduzir o metabolismo do produto minimamente processado do que o efeito individual de cada um dos gases. Em alguns casos, em produtos com elevada tolerância a concentrações altas de CO₂, a atmosfera modificada permite o controle de algumas espécies de fungos e bactérias.

Na definição de embalagens com modificação de atmosfera, os seguintes aspectos devem ser levados em consideração: taxa respiratória do produto, temperatura de armazenamento, permeabilidade, superfície e espessura do filme e massa do produto a ser embalado. Uma vez que tanto a taxa de respiração quanto a permeabilidade do filme são sensíveis a variações de temperatura, e respondem a essas variações de forma diferente, espera-se que a embalagem sob atmosfera modificada mantenha determinada atmosfera somente dentro de uma dada faixa de temperatura (ZAGORY, 2000).

Quanto aos tipos de embalagem existentes, diferentes filmes de plástico estão comercialmente disponíveis. Polietileno, polipropileno, náilon, multicamadas e copolímeros e laminados de diferentes plásticos estão disponíveis no mercado nacional. De maneira geral, os filmes de plástico devem possuir resistência mecânica, resistência à perfuração e tensão e características que permitam a sua selagem térmica, facilidade de colocação de logomarcas impressas, dentre outros. Não existem filmes no mercado que atendam a todas essas exigências (ZAGORY, 2000).

A tecnologia de embalagem é uma das áreas do processamento mínimo de frutas e hortaliças que talvez tenha experimentado o maior avanço tecnológico nos últimos anos. Novos materiais e formatos de embalagens, novas misturas gasosas (o Argônio sendo testado em substituição ao Nitrogênio) e embalagens ativas e inteligentes estão sendo exaustivamente testadas e avaliadas em diferentes partes do mundo.

Provavelmente um dos assuntos que mais têm despertado interesse na área de embalagens é o uso de embalagens ativas e de embalagens inteligentes, que são conceitos distintos. Embalagens ativas referem-se à incorporação de certos aditivos em filmes ou contentores de plástico com o objetivo de manter a qualidade do produto e estender a vida de prateleira. Em 2001, o mercado mundial de embalagens ativas movimentou algo em torno de um bilhão de dólares; metade deste montante foi gasta com absorvedores de umidade. Os principais sistemas empregados em embalagens ativas são os absorvedores de oxigênio, gás carbônico, etileno e umidade, além de adsorvedores de aromas.

Por outro lado, embalagens inteligentes têm a capacidade de “perceber” o ambiente e prover informações sobre a função e as propriedades do alimento embalado, bem como de outros componentes não-alimentícios.

No Brasil há um grande desconhecimento de possibilidades quando o assunto é embalagem. Tal desconhecimento permeia todo o processo produtivo e vai desde o fornecedor da embalagem até o usuário final. Assim, não é raro observar agroindústrias que usam um mesmo tipo de filme de plástico para brócolis (uma inflorescência com alta atividade metabólica) e para cenoura (uma raiz com atividade metabólica bem inferior).

Verifica-se também que a atmosfera modificada ativamente é usada mais como modismo do que como necessidade. Misturas previamente desenvolvidas

por laboratórios internacionais para cultivares americanas ou européias são sistematicamente indicadas para os materiais brasileiros, sendo muitas vezes consideradas “a salvação da lavoura” para as agroindústrias nacionais. Tal adaptação não surte o efeito desejado na maioria das vezes, redundando em desperdício de tempo e de dinheiro. É necessário desenvolver misturas próprias para as cultivares brasileiras de frutas e hortaliças, bem como avaliar criteriosamente a associação de filme de plástico com atmosfera ativa, a fim de maximizar a vida de prateleira e a qualidade da hortaliça minimamente processada.

Apesar de ser eficaz para diversos produtos, o emprego de atmosfera modificada ativamente nem sempre contribui para a extensão da vida de prateleira e a manutenção da qualidade de frutas e hortaliças minimamente processadas. Em estudos conduzidos na Embrapa Hortaliças verificou-se que o emprego de atmosfera modificada ativamente (5% de O₂ + 5% de CO₂ - balanço de N₂; e 2% de O₂ + 10% de CO₂ - balanço de N₂) em alface crespa minimamente processada, embalada em filmes de polipropileno e armazenada a 5°C, não estendeu de maneira significativa a vida de prateleira do produto, quando comparado com o seu respectivo controle. Em alguns casos, o produto embalado sob atmosfera modificada ativa possuía odor e aparência inferiores aos da testemunha.

6. Comercialização

As frutas e hortaliças minimamente processadas surgiram como uma interessante alternativa para o consumidor que não tem tempo de preparar sua refeição ou mesmo não gosta de fazê-lo. Em vários países, verifica-se que esses produtos estão sendo oferecidos nos formatos mais variados, sempre visando agregação de valor e comodidade do consumidor.

Nos Estados Unidos, uma nova tendência foi observada em 2004. Várias lojas que estavam processando frutas e hortaliças e vendendo com marca própria estão deixando de fazê-lo, buscando cada vez mais empresas que possam fornecer um “mix” completo de produtos a um preço competitivo. As empresas também estão desenvolvendo novas embalagens e saladas que podem ser consumidas até fora do lar, uma exigência dos consumidores no país do “fast food”.

Enquanto no Brasil ainda é tímida a existência de saladas mistas, nos EUA, a salada de alface com tiras de cenoura, considerada ainda uma novidade por aqui, já está ultrapassada. Em 2003, o crescimento do negócio de saladas minimamente processadas nos EUA foi ao redor de 9%, com vendas estimadas em 2,3 bilhões de dólares. As saladas oferecidas no mercado norte-americano de hoje lembram muito pouco as que eram comercializadas há cinco ou dez anos. As empresas atualmente oferecem grande variedade de saladas de folhosas com “kits” combinados com tomate-cereja, torradas (“cROUTONS”) e molhos variados.

Todavia, embora esse segmento do mercado norte-americano pareça vivenciar nova onda de crescimento, problemas antigos, como consistência na qualidade, ainda precisam ser solucionados. A chave para o sucesso, segundo

alguns processadores e supermercadistas, é ter a certeza de fornecer ao cliente o que ele está querendo, toda vez que procurar por uma salada minimamente processada.

Outra forte tendência observada em diferentes países europeus e em países da Oceânia é a associação entre o consumo de frutas e hortaliças minimamente processadas e hábitos salutareos de vida, como o programa “5 a day”, que preconiza o consumo de pelo menos cinco porções de frutas e/ou de hortaliças por dia, para uma vida saudável. No Canadá, esse programa também existe e foi estendido para “10 a day”. Os processadores estão também investindo na produção de “snacks” ou tira-gostos feitos com frutas e hortaliças minimamente processadas. Segundo os proprietários da River Ranch, uma empresa americana sediada na Califórnia, o consumidor prefere consumir “snacks” naturais a industrializados quando estão assistindo TV ou em reunião com amigos. Foi a partir dessa constatação que a empresa passou a desenvolver novos produtos voltados para esse público e a registrar crescimento significativo em seu faturamento.

De acordo com a Del Monte, outra grande empresa americana que também atua no mercado de frutas e hortaliças minimamente processadas, o mercado norte-americano deve crescer entre 30% e 40% nos próximos dois ou três anos. Um dos novos produtos da empresa é uma bandeja com morangos inteiros ou fatiados, que são servidos acompanhados com creme de chocolate ou de baunilha.

Enquanto isso, no Brasil, o setor de minimamente processados ainda é tímido quando se trata de expansão dos mercados. A comercialização desses produtos está praticamente circunscrita a médios e grandes centros urbanos como São Paulo, Belo Horizonte, Brasília, Rio de Janeiro e a algumas capitais das regiões Nordeste e Sul. No Estado de São Paulo, onde 92% dos hipermercados comercializam esses produtos, verificou-se, em pesquisa realizada em 2001, que, do total de frutas e hortaliças consumidas nos lares, somente 2,9% são na forma minimamente processada. Os números também variam em função da classe econômica dos entrevistados. Aproximadamente 4% dos consumidores das faixas A e B afirmaram comprar alguma fruta ou hortaliça na forma minimamente processada. Tais números demonstram maior preferência pelos produtos por parte das classes de maior renda.

Para 66%, em média, dos gerentes de supermercados paulistas, a tendência é de crescimento das vendas desse tipo de produto. Os principais entraves ao maior crescimento, também segundo os gerentes, são: o ainda elevado preço praticado, a pouca variedade e o restrito número de empresas com capacidade de manter qualidade com constância e quantidade (ROJO e SAABOR, 2002).

Em Belo Horizonte, a aceitação dos minimamente processados é também crescente, mas ainda representa apenas 1% do consumo de frutas e hortaliças adquiridas em supermercados da capital mineira. Os principais consumidores são das classes A e B e da faixa etária de 18 anos a 34 anos (ROJO e SAABOR, 2003).

A exposição de frutas e hortaliças minimamente processadas em supermercados no Brasil não difere, de maneira significativa, do observado em outros locais. Mas existe uma diferença marcante entre países desenvolvidos como Alemanha, Austrália, Nova Zelândia, Estados Unidos, França, Inglaterra e países em desenvolvimento como o Brasil e a China: o controle da temperatura nas gôndolas. Enquanto naqueles países o controle no ponto de venda é rígido, com a temperatura variando muito pouco acima dos 5°C ou 6°C, nesses últimos a temperatura chega a até 20°C (NASCIMENTO *et al.*, 2003) e, em casos extremos, à temperatura-ambiente, como verificado em supermercados em Beijing, capital da China, e em certas feiras livres no Brasil.

7. Futuro

Vencidas diversas barreiras no desenvolvimento de tecnologia para frutas e hortaliças minimamente processadas, é extremamente salutar a avaliação de novos cenários no mercado brasileiro desses produtos. Vislumbra-se crescimento desse negócio no Brasil, basicamente em função de fatores como maior participação da mulher no mercado de trabalho, diminuição no número de indivíduos por família, maior número de pessoas morando sozinhas e aumento do setor de refeições coletivas, o também chamado “food service”.

Com um consumidor mais consciente e exigente, sem dúvida aumentará de forma significativa a demanda por produtos com maior valor agregado e, sobretudo, mais confiáveis do ponto de vista da segurança do produto. As exigências do mercado estarão voltadas para novos produtos, mais convenientes e seguros, com sabor e aroma preservados, similares aos produtos comercializados *in natura*. Vislumbra-se também um movimento do mercado no sentido de exigir produtos com teores de compostos funcionais no mais alto nível possível, além de embalagens ricas em informações, principalmente no que diz respeito aos teores nutricionais dos produtos embalados.

Com o crescimento do mercado de frutas e hortaliças cultivadas em sistema orgânico, espera-se também que o público consumidor desses produtos, que se dispõe a pagar 20% ou 30% a mais em relação aos produtos cultivados no sistema tradicional, venha a demandar saladas minimamente processadas preparadas a partir de matéria-prima produzida em sistema orgânico, fato que já vem ocorrendo em diversos centros urbanos brasileiros.

No entanto, acredita-se que a maior busca do consumidor continuará sendo por produtos que reúnam, numa mesma embalagem, conveniência, sabor e segurança. As empresas que não perderem de vista esses pontos terão grandes chances de sucesso no competitivo mercado de frutas e hortaliças minimamente processadas.

8. Conclusões

A massa crítica envolvida em pesquisa e desenvolvimento de tecnologia na área de processamento mínimo de frutas e hortaliças vem crescendo

sensivelmente no Brasil nos últimos anos. Hoje existem grupos de P&D consolidados em todas as regiões do País, e trabalhos de excelente qualidade têm sido produzidos em universidades e centros de pesquisa.

Todavia, muito ainda precisa ser feito. A distância ainda existente entre o setor produtivo e a pesquisa científica e tecnológica é significativa. Esforços devem ser envidados para aumentar a interação entre centros de pesquisa e as agroindústrias. É imperativo que o setor varejista, tendo os supermercados como principal representante, também participe desse esforço na busca de solução para os problemas existentes e no desenvolvimento de tecnologia que contribua para a obtenção de produtos de melhor qualidade e mais competitivos.

9. Referências bibliográficas

BRECHT, J. K. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. **HortScience**, Alexandria, v. 30, n. 1, p. 18-22, 1995.

ELLIOTT, J. G. Application of antioxidant vitamins in foods and beverages. **Food Technology**, v. 53, n. 2, p. 46-48, 1999.

GARG, N.; CHUREY, J. J.; SPLITTSTOESSER, D. F. Effect of processing conditions on the microflora of fresh vegetables. **Journal of Food Protection**, v. 53, n. 8, p. 701-703, 1990.

IFPA – INTERNATIONAL FRESH-CUT PRODUCE ASSOCIATION. **More than 50 years of growth**. Washington, DC, EUA, November, p. 18-25, 1999.

IFPA – INTERNATIONAL FRESH-CUT PRODUCE ASSOCIATION. **Food safety guidelines for the fresh-cut produce industry**. 4th ed. Washington, DC, EUA, 2001. 213 p.

KADER, A. A.; SALTVEIT, M. E. Atmosphere modification. In: BARTZ, J. A.; BRECHT, J. K. (Eds.). **Postharvest physiology and pathology of vegetables**. New York: Marcel Dekker, 2003. p. 229-246.

LAURILA, E.; KERVINEN, R.; AHVENAINEN, R. The inhibition of enzymatic browning in minimally processed vegetables and fruits. **Postharvest News and Information**, Amsterdam, v. 9, n. 4, p. 53-66, Feb. 1998.

McDONALD'S. **História**. Disponível em: <<http://www.mcdonalds.com.br>>. Acesso em: 10 nov. 2005.

MORETTI, C. L.; CARNELOSSI, M. A.; SILVA, E. O.; PUSCHMANN, R. **Processamento mínimo de couve**. Brasília: Embrapa, 2000. 4 p. (Embrapa Hortaliças. Comunicado Técnico, 13).

NASCIMENTO, E. F.; MORETTI, C. L.; ZUCHETTO, M. C.; MATTOS, L. M. Avaliação da temperatura de comercialização de hortaliças minimamente processadas no

mercado varejista do Distrito Federal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 43., 2003, Recife. **Anais...** Recife: SOB, 2003. CD-ROM.

PARK, W. P.; LEE, D. S. Effect of chlorine treatment on cut watercress and onion. **Journal of Food Quality**, v.18, p. 415-424, 1995.

PICCHIONNI, G. A.; WATADA, A. E.; ROY, S.; WHITAKER, B. D.; e WERGIN, W. P. Membrane lipid metabolism, cell permeability, and ultrastructural changes in lightly processed carrots. **Journal of Food Science**, v. 59, p. 597-601, 1994.

ROJO, F.; SAABOR, A. Aceitação dos pré-processados é pequena mas cresce entre consumidores esclarecidos. **FruitFatos**, São Paulo, v. 2, n. 4, p. 15, 2003.

ROJO, F.; SAABOR, A. Praticidade impulsiona a venda de pré-processados. **FruitFatos**, São Paulo, v. 2, n. 2, p. 42-44, 2002.

SALTVEIT, M. E. Physical and physiological changes in minimally processed fruits and vegetables. In: TOMÁS-BARBERÁN, F. A.; ROBINS, R. J. (Ed.), **Phytochemistry of fruit and vegetables**. London: Oxford University Press, 1997. p. 205-220.

SIMONS, L. K.; SANGUANSRI, P. Advances in the washing of minimally processed vegetables. **Food Australia**, v. 49, n. 2, p. 75-80, 1997.

ZAGORY, D. What modified atmosphere packaging can and can't do for you. **ANNUAL POSTHARVEST CONFERENCE & TRADE SHOW**, 16th, March 14 & 15, 2000, Washington State University, Yakima Convention Center. **Anais...** Washington State University, 2000.

ZHUANG, H.; HILDEBRAND, D. F.; BARTH, M. M. Temperature influenced lipid peroxidation and deterioration in broccoli buds during postharvest storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 10, p. 49-58, 1997.

Capítulo 2

Alterações metabólicas

*Jeffrey K. Brecht
Mikal E. Saltveit
Stephen T. Talcott
Celso L. Moretti*

1. Introdução

Frutas e hortaliças minimamente processadas diferem dos correspondentes materiais intactos em termos fisiológicos e nos requerimentos de manuseio. Produtos minimamente processados são essencialmente partes de vegetais cortados e mantidos frescos e com qualidade para consumo por períodos prolongados de tempo.

Como resultado direto do estresse mecânico decorrente do processamento, frutas e hortaliças minimamente processadas se deterioram mais rapidamente do que o produto intacto. O processamento provoca alterações físicas e fisiológicas que afetam a viabilidade e a qualidade do produto (BRECHT, 1995; SALTVEIT, 1997). São sintomas visuais de deterioração: amolecimento por causa de perda de água, mudanças na coloração (especialmente aumento do escurecimento oxidativo nas superfícies cortadas) e contaminação microbiana (KING e BOLIN, 1989; VAROQUAUX e WILEY, 1994; BRECHT, 1995).

A perda de nutrientes também pode ser acelerada quando tecidos vegetais são submetidos a estresses (KLEIN, 1987; MATTHEWS e MCCARTHY, 1994). Entretanto, comparando-se com as mudanças fisiológicas e microbiológicas que ocorrem com o tempo, pouca informação está disponível no que diz respeito à retenção de vitaminas, minerais, antioxidantes e outros compostos funcionais durante o manuseio e o armazenamento de produtos minimamente processados.

O conhecimento existente sobre a fisiologia e os requerimentos de manuseio pós-colheita indicam que frutas e hortaliças minimamente processadas se comportam diferentemente e, portanto, devem ser manuseadas de maneira distinta dos produtos intactos. Isso significa que o conhecimento acumulado durante décadas sobre a fisiologia e o manuseio comercial de frutas e hortaliças deve ser reexaminado e novos estudos devem ser desenvolvidos para cada produto minimamente processado. O aumento da perecibilidade em comparação com o produto intacto também requer que questões relacionadas com a manutenção dos compostos de importância nutricional e outros aspectos de fisiologia pós-colheita sejam enfocados em novos estudos.

O manuseio de frutas e hortaliças minimamente processadas tem sido mais estudado basicamente nas últimas duas décadas. Os primeiros trabalhos demonstraram a importância do controle de temperatura, da minimização da carga microbiana, do uso de facas afiadas, da aplicação de compostos antioxidantes, da remoção de umidade superficialmente aderida e da modificação da atmosfera da embalagem e sua relação com o aumento da vida de prateleira de vários produtos (PONTING *et al.*, 1972; PRIEPKE *et al.*, 1976; BOLIN *et al.*, 1977). Focaram as saladas minimamente processadas (GARG *et al.*, 1990; BOLIN e HUXSOLL, 1991; HOWARD *et al.*, 1994), com ênfase inicial em embalagem sob atmosfera modificada ("modified atmosphere packaging" – MAP), visando à redução da atividade respiratória e de doenças (CAMERON *et al.*, 1995).

Diferentes trabalhos têm buscado o desenvolvimento de tecnologia para frutas minimamente processadas com foco comercial (KIM *et al.*, 1993; O'CONNOR-SHAW *et al.*, 1994, 1996; CARTAXO *et al.*, 1997; GORNY *et al.*, 1998; PORTELA e CANTWELL, 1998). No caso específico de frutas, entre os principais desafios metabólicos a serem superados com o desenvolvimento de tecnologia de processamento mínimo estão: a variabilidade de tecidos existentes num mesmo fruto e as mudanças de textura verificadas em tecidos durante o amadurecimento (GORNY *et al.*, 1998).

Este capítulo cobrirá as respostas metabólicas de frutas e hortaliças minimamente processadas, bem como os tratamentos usados para manter a qualidade desses produtos pela alteração das respostas metabólicas dos tecidos aos estresses. O entendimento da fisiologia de frutas e hortaliças minimamente processadas é essencial para a manutenção da integridade e do valor nutricional desses produtos e para o desenvolvimento de procedimentos mais efetivos e inovativos, com vistas à melhoria da qualidade.

2. Conseqüências dos estresses

De acordo com Brecht (1995), “a fisiologia de hortaliças minimamente processadas é essencialmente a fisiologia de tecidos submetidos a estresses”. O processamento produz efeitos físicos imediatos e subseqüentes no tecido processado.

Tabela 1. Efeitos físicos que ocorrem durante o preparo de produtos minimamente processados.

À medida que a água evapora e o tecido inicia a resposta fisiológica, ocorrem outras alterações na difusão de gases e o aparecimento de tecidos superficiais. Os estresses induzem sinais que elicitam respostas fisiológicas e bioquímicas tanto em tecidos adjacentes quanto em tecidos distantes (KE e SALTVEIT, 1989; SALTVEIT, 1997). Muitas dessas respostas são deletérias para a qualidade dos produtos minimamente processados. E muitas dessas alterações ocorrem de maneira muito rápida após o estresse, enquanto outras podem demorar alguns dias para serem completadas.

Tabela 2. Efeitos metabólicos causados pelo preparo de produtos minimamente processados.

As primeiras respostas fisiológicas ao estresse são aumentos transientes na evolução de etileno e elevação na atividade respiratória, que podem estar interligados com a indução do metabolismo de compostos fenólicos e com o processo de cicatrização do tecido (Figura 1).

O etileno pode estimular outros processos fisiológicos, resultando na aceleração da deterioração da membrana, perda de vitamina C e de clorofila, abscisão e mudanças indesejáveis de sabor numa vasta gama de produtos hortícolas (KADER, 1985; SALTVEIT, 1999).

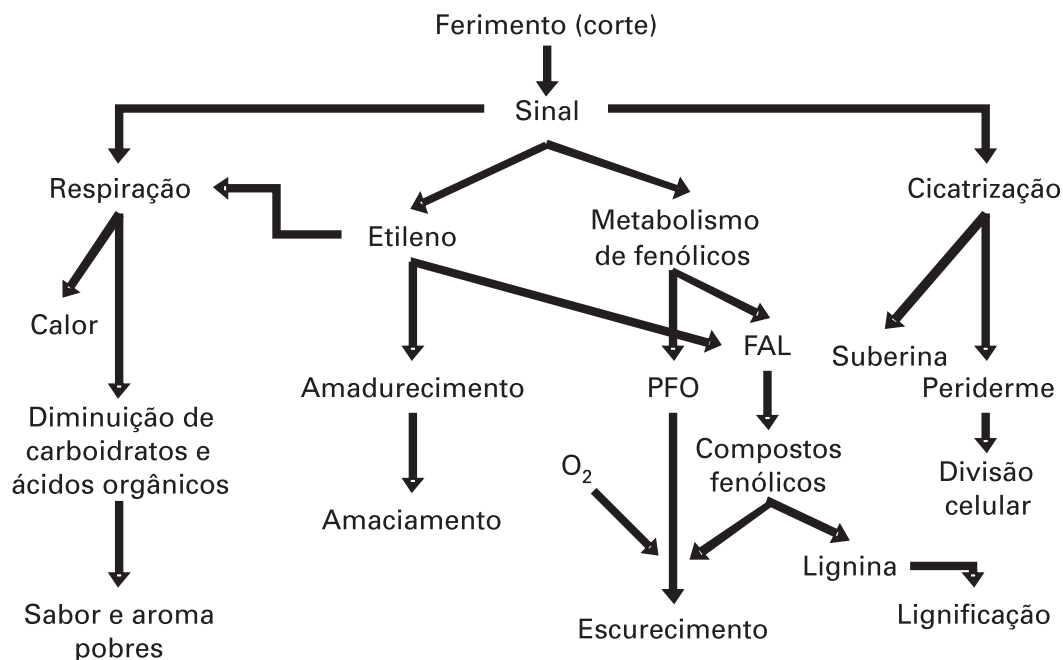


Figura 1. Inter-relação entre os efeitos fisiológicos dos ferimentos causados aos tecidos em frutas e hortaliças minimamente processadas (SALTVEIT, 1997).

Estresses mecânicos podem também comprometer o aroma, o sabor e a produção de compostos voláteis (MORETTI *et al.*, 2002). O estresse torna os tecidos vegetais mais suscetíveis ao ataque de microorganismos patogênicos e, possivelmente, mais propícios à sobrevivência e ao crescimento de microorganismos que potencialmente podem fazer mal à saúde (WELLS e BUTTERFIELD, 1997, 1999). Para desenvolver tratamentos e práticas de manuseio para produtos minimamente processados que minimizem as conseqüências negativas dos estresses, é necessário o entendimento dos processos biológicos básicos relacionados com as respostas das plantas. Desta forma, enfoques mais efetivos que são mais amplamente aplicáveis para diferentes produtos minimamente processados podem ser mais facilmente desenvolvidos.

Vários fatores podem afetar a intensidade da resposta ao estresse em frutas e hortaliças minimamente processadas. Dentre os principais estão: a espécie, a variedade, o estágio de maturidade fisiológica, a extensão do dano mecânico, as concentrações de O_2 e CO_2 , a pressão de vapor de água e vários inibidores. Entretanto, o fator mais significativo que afeta a resposta ao estresse, assim como em outras situações em pós-colheita, é, sem dúvida, a temperatura.

Por outro lado, diferentes produtos e/ou tecidos de um mesmo produto podem responder distintamente a diferentes estresses mecânicos. Por exemplo, a extremidade do talo de salsão tem uma taxa metabólica bem menor do que as células associadas com o floema no tecido vascular (SALTVEIT e MANGRICH, 1996). Algumas horas após o estresse, tecidos na região estilar de tomates verdes-maduros produzem etileno em taxas que são maiores do que o dobro da

produção do mesmo fitormônio de células excisadas da região equatorial ou da extremidade apical do fruto (BRECHT, 1995). Quando incubados a 20°C, a produção máxima de etileno eventualmente atingida pela porção distal, equatorial e proximal de um fruto de tomate foi similar, mas a produção de etileno de tecidos da região distal aumentou dois dias antes da produção de tecidos da região equatorial, e tecidos da região proximal tiveram aumento na evolução deste fitormônio dois dias mais tarde do que da região equatorial. A inclusão de pedaços diferentes de frutos numa mesma embalagem pode, portanto, dar origem a produto de qualidade desuniforme.

Até o preparo de produtos minimamente processados, várias porções do tecido são cortadas, descascadas e dobradas. A proporção de dano ao tecido e a severidade do estresse variam muito entre os diferentes produtos e as distintas formas de preparo. O corte do produto remove a proteção natural da epiderme e destrói a compartimentalização que separa enzimas de seus respectivos substratos nas células diretamente afetadas. Enquanto o número de células é relativamente pequeno, o tecido vegetal danificado rapidamente produz um sinal de estresse que se imagina ser responsável pela indução de várias respostas fisiológicas através dos tecidos, incluindo aumento na respiração e na produção de etileno, indução da síntese de compostos fenólicos e início do processo de cura (Figura 1).

São evidências de propagação do sinal de estresse: a progressão temporal e espacial da indução do metabolismo fenólico e a síntese da enzima fenilalanina amônia liase (FAL) distante do local de estresse (KE e SALTVEIT, 1989). A resposta do tecido vegetal ao estresse normalmente aumenta à medida que a severidade do estresse se eleva. Entretanto, o nível de resposta parece ser rapidamente saturado por danos adicionais (KE e SALTVEIT, 1989). Uma discussão acerca de hipóteses associadas a sinais de estresse pode ser encontrada em Saltveit (1997).

2.1 Produção de etileno

O estresse em tecidos vegetais ocasiona elevação das taxas de produção de etileno (ABELES *et al.*, 1992), que pode acelerar a senescência e a deterioração de tecidos vegetativos e não-climatéricos, além de promover o amadurecimento e a senescência de tecidos climatéricos. O aumento da produção de etileno em frutas e hortaliças foi demonstrado estar relacionado proporcionalmente à quantidade de estresses mecânicos sofridos. A sensibilidade ao etileno de muitos tecidos vegetais não-climatéricos está dentro dos limites que se esperaria ocorrer em resposta ao estresse (WILLS *et al.*, 1999; WARTON e WILLS, 2002).

O estresse de frutos climatéricos pode aumentar a produção de etileno, o que pode acelerar a ascensão climatérica, resultando em diferentes idades fisiológicas de tecidos intactos e minimamente processados (BRECHT, 1995; WATADA *et al.*, 1990). O fatiamento de tomates no estágio verde-maduro aumentou a produção de etileno em três a quatro vezes e acelerou o amadurecimento quando comparado com o fruto intacto (MENCARELLI *et al.*, 1989).

Os tecidos da casca de frutos climatéricos geralmente produzem muito mais etileno do que tecidos da polpa dos frutos. O estresse associado à remoção da casca ainda resulta num aumento da evolução de etileno, que é várias vezes superior em frutos fatiados quando comparados com frutos intactos (AGAR *et al.*, 1999; GORNY *et al.*, 2000). Os efeitos dos estresses diferem entre frutos climatéricos e não-climatéricos (ROSEN e KADER, 1989), e a produção de etileno de estresse é usualmente maior em tecidos pré-climatéricos e climatéricos do que em pós-climatéricos (ABELES *et al.*, 1992). Enquanto o etileno de estresse não tem nenhum efeito no amadurecimento de frutos não-climatéricos, ele pode estimular o amadurecimento de frutos climatéricos. Por exemplo, a produção de etileno induzida pela ação física de corte é suficiente para acelerar o amolecimento de banana e kiwi (ABE e WATADA, 1991).

A produção de etileno em frutos climatéricos deve-se à concentração endógena desse fitormônio por meio de “feedback” positivo e ao aumento dramático desse fitormônio durante o amadurecimento. Entretanto, o “feedback” de etileno na produção desse fitormônio em tecidos em processo vegetativo ou de frutificação é negativo (SALTVEIT, 1999). Com exceção de alguns aumentos transientes na produção de etileno, concomitantemente com estresses ocorridos na colheita, os níveis endógenos de etileno são mantidos baixos por meio desse “feedback” negativo. Como a produção elevada de etileno devido ao estresse é efêmera, a produção endógena desse fitormônio pode ter efeito mínimo na qualidade pós-colheita de algumas frutas e hortaliças não-climatéricas. A indução à síntese de etileno por meio de cortes foi suficiente para acelerar a perda de clorofila em espinafre, mas não em brócolis (ABE e WATADA, 1991).

Como exemplo de contraste entre tecidos não-climatéricos e climatéricos, a produção de etileno em alface minimamente processada é muito menor (KE e SALTVEIT, 1989) do que a verificada em discos retirados do pericarpo de tomates no estágio verde-maduro (BRECHT, 1995). A máxima taxa de produção de etileno em alface e em tomate submetidos ao estresse mecânico foi de 0,6 mL.g⁻¹.h⁻¹ e 8,0 mL.g⁻¹.h⁻¹, respectivamente. A produção elevada de etileno durou menos de um dia na alface, enquanto no tomate, que ainda passou pelo climatérico e amadureceu, ainda era elevada após duas semanas. Além disso, a indução da atividade da FAL em tecidos de alface é mais rápida em tecidos submetidos a estresses mecânicos do que em tecidos tratados com etileno. Se a ocorrência do estresse atua por meio da indução do etileno, então o nível de FAL no tecido de alfaves exposto ao etileno deveria ser maior do que no tecido estressado, uma vez que o passo no qual o estresse induz a produção de etileno não foi executado (KE e SALTVEIT, 1989). Em alface, portanto, a eliminação do etileno induzido pelo estresse não ocasionaria nenhum efeito na indução da FAL.

2.2 Degradação de lipídios

O estresse dos tecidos vegetais durante o preparo de produtos minimamente processados pode causar a degradação de lipídios da membrana (ROLLE e CHISM, 1987; DESCHENE *et al.*, 1991; PICHIONNI *et al.*, 1994; ZHUANG *et al.*, 1997). A

extensiva degradação enzimática ocorre nos sistemas membranares danificados, causando perda de componentes lipídicos e de compartimentalização de enzimas e substratos (MARANGONI *et al.*, 1996). O etileno produzido após o estresse pode ter papel importante nesse processo, pelo aumento da permeabilidade de membranas e pela redução da biossíntese de fosfolipídios (WATADA *et al.*, 1991).

As reações enzimáticas catalisadas por lipídio-acil hidrolases e fosfolipases D produzem aminoácidos livres da membrana lipídica (PICCHIONNI *et al.*, 1994). Esses aminoácidos são tóxicos a muitos processos celulares e são capazes de causar a lise de organelas, bem como a ligação e a inativação de proteínas. A lipoxigenase catalisa a peroxidação de ácidos graxos di e tri-enólicos para formar hidroperóxidos conjugados, resultando na geração de radicais livres, que podem atacar membranas intactas, ocasionando mais ruptura de membranas (THOMPSON *et al.*, 1987; SHEWFELT e DEL ROSÁRIO, 2000).

A atividade da lipoxigenase está também relacionada à produção de compostos voláteis desejáveis e indesejáveis (MAZLIAK, 1983). Acredita-se que o íon cálcio (Ca^{+2}) seja capaz de estabilizar os sistemas membranares, além de manter a estrutura da parede celular de frutas e hortaliças (POOVAIAH, 1986). A ação do íon cálcio também reduz a produção de etano, um marcador da peroxidação de lipídios em discos de batatas (EVENSEN, 1984). O íon cálcio parece tanto retardar a alteração de lipídios das membranas durante a senescência como aumentar o processo de reestruturação das membranas em cenouras minimamente processadas (PICCHIONI *et al.*, 1996). Adição de íons cálcio e uma combinação de cálcio e ácido ascórbico foram efetivas em prevenir a alteração de cor em maçãs minimamente processadas (PONTING *et al.*, 1972; DRAKE e SPAYD, 1983) e pêras (ROSEN e KADER, 1989).

2.3 Respiração

Acredita-se que o aumento da respiração em tecidos vegetais estressados seja conseqüência da elevação da produção de etileno. A degradação de amido é aumentada e tanto o ciclo dos ácidos tricarbóxicos quanto a cadeia transportadora de elétrons são ativadas (LATIES, 1978). O climatérico respiratório também pode ser afetado pelo estresse. As taxas de respiração de frutas e hortaliças minimamente processadas variam até duas vezes mais, comparativamente com os respectivos produtos intactos (ROSEN e KADER, 1989; WATADA *et al.*, 1990, 1996; VAROQUAUX e WILEY, 1994). Em tecidos vegetais extremamente estressados como, por exemplo, cenouras raladas, as taxas respiratórias podem ser ainda mais altas (VAROQUAUX e WILEY, 1994; WATADA *et al.*, 1996). A taxa respiratória da casca de kiwi (AGAR *et al.*, 1999) e de pêra (GORNÝ *et al.*, 2000) é muito maior do que a respiração da polpa do fruto, provavelmente estimulada pela maior produção de etileno dos tecidos da casca. As taxas de respiração de fatias descascadas são ainda maiores do que as de frutos intactos.

A respiração estimulada por estresse em alguns tecidos vegetais pode estar relacionada à alfa ou à beta-oxidação de ácidos graxos (SHINE e STUMPF, 1974),

reação que ocorre com a oxidação de ácidos graxos a CO₂ e é responsável pela liberação desse gás após o descascamento de batatas (ROLLE e CHISM, 1987).

A produção de dióxido de carbono aumenta no tecido em processo de cura, uma vez que a respiração é estimulada para fornecer não somente energia, mas, também, sintetizar as moléculas necessárias para a cura. Outras reações respiratórias aceleram o amolecimento de alguns tecidos e o enrijecimento de outros. A quebra de componentes da parede celular produz o amolecimento de tecidos (como verificado em tomates), enquanto a síntese de lignina fortalece a parede celular com fibras, tornando o tecido mais resistente e comprido (como verificado em aspargo).

2.4 Escurecimento

O escurecimento proveniente da oxidação de compostos fenólicos e o amarelecimento decorrente da perda de clorofila ocorrem em frutas e hortaliças minimamente processadas como resultado da ruptura da compartimentalização, ocasionando a liberação de ácidos e enzimas, os quais podem então entrar em contato com seus respectivos substratos (MARTINEZ e WHITAKER, 1995; HEATON e MARANGONI, 1996; LAURILA *et al.*, 1998). Produtos com altos níveis constitutivos de compostos fenólicos, como alcachofra e batata, escurecem facilmente quando o tecido injuriado é exposto ao oxigênio presente no ar atmosférico (Figura 2).



Figura 2. Batatas minimamente processadas apresentando escurecimento enzimático pronunciado.
(Foto: Celso L. Moretti)

O estresse também induz a síntese de enzimas envolvidas nas reações de escurecimento ou na biossíntese de substratos (ROLLE e CHISM, 1987; TOMÁS-BARBERÁN *et al.*, 1997). Produtos como alface e salsa possuem baixos níveis de compostos fenólicos de ocorrência natural. Todavia, o estresse estimula o metabolismo da rota dos fenilpropanóides e o subsequente acúmulo de compostos fenólicos que levam ao escurecimento desses produtos. As diferenças entre cultivares influenciam diretamente o potencial de escurecimento de diversas espécies, como maçãs (KIM *et al.*, 1993) e carambola (WELLER *et al.*, 1995).

Hansch e Boyton (1986) demonstraram que, para pêssegos, tanto a concentração de substratos quanto a atividade relativa das oxidases podem afetar a intensidade de escurecimento em diferentes genótipos e tecidos. O escurecimento oxidativo na superfície cortada pode ser o fator limitante para muitas frutas e hortaliças minimamente processadas.

O potencial de escurecimento de muitas frutas e hortaliças é diretamente afetado por tratamentos anteriores (LOPEZ-GALVEZ, 1996a,b). Estresses de temperatura, dano físico e doenças tendem a aumentar a produção de vários compostos fenólicos que escurecem logo após o dano mecânico. Muitos tecidos que possuem inicialmente baixa atividade do metabolismo dos fenilpropanóides e reduzido conteúdo de compostos fenólicos (por exemplo, alface e salsa) são predispostos por estresses prévios a rapidamente mobilizar a rota dos fenilpropanóides e a acumular significativas quantidades de compostos fenólicos oxidáveis (LOPEZ-GALVEZ *et al.*, 1996b).

A enzima fenilalanina amônia liase (FAL) catalisa um passo limitante no metabolismo dos fenilpropanóides (KE e SALTVEIT, 1989). Tanto o etileno quanto estresses decorrentes dos danos mecânicos sofridos pelos tecidos induzem aumento da atividade da FAL em diversos tecidos vegetais (ABELES *et al.*, 1992; LOPEZ-GALVEZ *et al.*, 1996b). A atividade da FAL induzida por etileno pode prever, com boa margem de segurança, a vida de prateleira de alface minimamente processada (COUTURE *et al.*, 1993).

Investigações com inibidores tanto da síntese (AVG) quanto da ação (STS ou 2,5 norbonadieno) do etileno têm demonstrado que esse composto isoladamente não controla a indução da FAL em abóboras (HYODO e FUJINAMI, 1989) e em alface americana (KE e SALTVEIT, 1989). O escurecimento ocorre quando produtos do metabolismo dos fenilpropanóides, como vários fenólicos e outros substratos (a exemplo das antocianinas), são oxidados em reações catalisadas por fenolases como a polifenol oxidase (PFO) ou peroxidases (HANSON e HAVIR, 1979; MARTINEZ e WHITAKER, 1995).

O amarelecimento de vegetais verdes minimamente processados ocorre devido à degradação de clorofila, revelando pigmentos carotenóides preexistentes. Repolho processado para o preparo de uma salada típica americana denominada "coleslaw" muda de verde para coloração esbranquiçada clara em função de ausência de pigmentos amarelos (HEATON *et al.*, 1996). A degradação de clorofila em produtos minimamente processados pode ser iniciada pela liberação de etileno proveniente do estresse ou por radicais livres oriundos da peroxidação de lipídios (HEATON e MARANGONI, 1996; SHEWFELT e DEL ROSÁRIO, 2000).

2.5 Cicatrização de ferimentos

Os danos mecânicos associados ao preparo de produtos minimamente processados são mais facilmente perceptíveis do que os estresses que ocorrem naturalmente nas plantas. Neste último caso, os tecidos vegetais desenvolvem

elaborados sistemas de defesa e, em algumas situações de ocorrência na pós-colheita, essas respostas de defesa são encorajadas. Por exemplo, a cura de tubérculos de batata promove a cicatrização de danos mecânicos relacionados com a colheita por meio do desenvolvimento da periderme e da suberização do tecido adjacente ao ferimento (BURTON, 1966).

Todavia, em frutas e hortaliças minimamente processadas, essas respostas são usualmente deletérias para a qualidade global do produto. Por exemplo, o estímulo por danos mecânicos do metabolismo dos compostos fenilpropanóides promove a síntese e o acúmulo de compostos fenólicos que predispõem o escurecimento de alface minimamente processada (SALTVEIT, 2000). O manejo adequado da temperatura é importante para a minimização da ocorrência de reações indesejáveis como essa. A taxa de ocorrência de reações relacionadas com a cicatrização de ferimentos é mínima a temperaturas abaixo de 5°C (LIPETZ, 1970).

Os processos fisiológicos têm como objetivo a reparação ou cura do dano mecânico. A frase “cicatrização do ferimento” é geralmente empregada para se referir à produção e à deposição de suberina e lignina nas paredes das células no local de ocorrência do dano mecânico (DYER *et al.*, 1989; DIXON e PAIVA, 1995), possivelmente seguidas por divisão celular sob a camada suberizada para formar a periderme de cicatrização (BURTON, 1982). Acredita-se que essa parede celular entrecruzada por compostos fenólicos seja potencialmente usada para melhorar a estabilidade e a textura dos produtos vegetais processados (WALDRON *et al.*, 1997). A primeira mudança observável na superfície cortada de um tecido vegetal é a dessecação da primeira camada de células danificadas e de uma a poucas camadas de células próximas. A suberização da próxima camada de células ocorre em vários tecidos de olerícolas como batata, inhame, batata-doce, cenouras e feijão-vagem e no pericarpo de tomates e pepinos (KOLATTUKUDY, 1984; WALTER *et al.*, 1990).

O ambiente ao redor do tecido tem-se mostrado capaz de influenciar tanto a suberização como a formação da periderme. Wigginton (1974) verificou que a suberização da batata pode levar três a seis semanas a 5°C, uma a duas semanas a 10°C e três a seis dias a 20°C, enquanto a iniciação da formação da periderme requer quatro semanas, uma a duas semanas, e três a cinco dias, respectivamente. A cicatrização de batata a 10°C foi ótima a 98% de umidade relativa (UR) e diminuiu em umidades inferiores a 90%. Todavia, a cicatrização a 20°C foi similar em todas as umidades abaixo de 70%.

Níveis de oxigênio abaixo de 10% e de CO₂ acima de 5% inibem a suberização e a formação de periderme em tubérculos de batata (WIGGINTON, 1974; LIPTON, 1975). Como a esmagadora maioria dos produtos minimamente processados é manuseada em embalagens que têm certo nível de barreira ao vapor de água, as altas URs no interior dessas embalagens favorecem o processo de cicatrização. Exposição a temperaturas moderadas (5°C a 10°C) que propiciam a cicatrização dos tecidos é, infelizmente, muito comum (VERLINDEN e NICOLAÏ, 2000; JACXSENS *et al.*, 2002; WARTON e WILLS, 2002). Por outro lado, a

modificação de atmosfera, sobretudo nos níveis de O₂ e CO₂, no interior das embalagens, tende a inibir o processo de cicatrização.

As plantas tendem a sintetizar um arranjo complexo de compostos secundários em resposta aos diversos ferimentos (TOIVONEN, 1997), muitos dos quais parecem estar relacionados com o processo de cicatrização ou de defesa contra o ataque por microorganismos ou insetos (DIXON e PAIVA, 1995). O complemento específico de compostos secundários formados depende da espécie da planta e do tecido envolvido. Em alguns casos, esses compostos podem afetar o aroma, o sabor, a aparência, o valor nutritivo e a segurança de produtos minimamente processados. Alguns compostos aromáticos são rapidamente degradados, o que reduz a qualidade do produto após um pequeno período de armazenamento, quando comparado com produtos frescos, enquanto aromas e odores desagradáveis podem persistir por mais tempo. A classe de compostos produzidos em tecidos vegetais estressados é constituída de fenólicos, flavonóides, terpenóides, alcalóides, taninos, glicoinolatos, ácidos graxos de cadeia longa e alcoóis (MILLER, 1992).

2.6 Perda de água

Tecidos vegetais estão em equilíbrio com a atmosfera numa mesma temperatura e umidade relativa variando entre 99% e 99,5% (GAFFNEY *et al.*, 1985; ROOKE e VAN DEN BERG, 1985). Qualquer redução na pressão de vapor d'água abaixo desse patamar resulta em perda de água, que é um sério problema para frutas e hortaliças minimamente processadas. Em órgãos intactos, a água nos espaços intercelulares não está diretamente exposta à atmosfera externa. No entanto, estresses de corte ou descascamento expõem os tecidos interiores hidratados e drasticamente aumentam a taxa de evaporação de água. A diferença entre a taxa de perda de água entre tecidos intactos e estressados na superfície das plantas varia de cinco a dez vezes para órgãos com superfícies levemente suberizadas (como a raiz de cenoura), dez a cem vezes para superfícies cuticularizadas (como a folha de espinafre e pepinos), chegando a até quinhentas vezes para tubérculos de batata altamente suberizados (BURTON, 1982).

A manutenção de alta umidade relativa ao redor do produto minimamente processado reduz o déficit de pressão de vapor e, por conseguinte, a perda de água. Isso pode ser obtido em embalagens com filmes do tipo barreira. Entretanto, alguma perda de água é inevitável, pois a retirada de calor da respiração por resfriamento externo gera um gradiente de potencial hídrico que leva água da superfície do produto para a superfície de resfriamento.

Numa embalagem, a superfície de resfriamento é a parte interna da embalagem. Condensação de água evaporada do produto na superfície interna da embalagem mostra que esse movimento concomitante de calor e água ocorre de maneira generalizada. Solutos na água presente na superfície de um produto abaixam sua pressão de vapor, mas o resultado é pouco pronunciado em soluções diluídas usadas com vegetais folhosos frescos e têm somente efeitos marginais

na evaporação. Frutos, incluindo o melão e abóboras maduras, e alguns órgãos subterrâneos de reserva, como tubérculos de batata e batata-doce, perdem água de forma mais lenta.

Evitar a dessecação das superfícies cortadas de produtos minimamente processados é crítico na manutenção da qualidade visual. Por exemplo, o desenvolvimento da desordem de esbranquiçamento na superfície de minicenouras, causado pela dessecação de células na superfície das raízes (TATSUMI, 1991), é fator limitante na comercialização do produto, apesar do uso de filmes de plástico poliméricos. O emprego de revestimentos superficiais para minimizar a perda de água é efetivo, mas as camadas grossas, impermeáveis, interferem na difusão de outros gases e produzem condições anaeróbicas indesejáveis. Isso é verdadeiro especialmente após o processamento, quando o estresse ocasionado temporariamente estimula a respiração.

Também não é simples formular revestimentos ou invólucros que adiram à superfície úmida e instável das frutas e hortaliças minimamente processadas e atuem como barreira à perda de água. (AVENA-BUSTILLOS *et al.*, 1994, 1997). Entretanto, para a maioria dos produtos minimamente processados, a centrifugação e outros procedimentos são recomendados para a completa remoção da água ou mesmo uma pequena desidratação superficial (CANTWELL e SUSLOW, 2002). Isto é feito principalmente visando à redução de crescimento microbiano. A desidratação também pode induzir a produção de etileno em frutas e hortaliças destacadas da planta-mãe (YANG, 1985).

3. Desordens

Frutas e hortaliças, tanto na forma intacta quanto minimamente processada, estão sujeitas à ocorrência de diversos danos fisiológicos, que podem ser causados tanto pela exposição a extremos de temperatura (exemplo: dano pelo frio) quanto pelo armazenamento em atmosferas inadequadas, dentre outros fatores. Para frutas e hortaliças minimamente processadas, as principais desordens são descritas a seguir.

3.1 Dano pelo frio

Os sintomas visuais de dano pelo frio variam amplamente em frutas e hortaliças intactas, mas são típicos: a ocorrência de pontuações escurecidas superficiais (“pitting”) (Figura 3), polpa ou casca com alteração de cor (Figura 4) e aspecto aguado (“watersoaked”), falhas no processo de amadurecimento normal do tecido e aumento da suscetibilidade a doenças (SALTVEIT e MORRIS, 1990).

Frutas e hortaliças sensíveis a dano pelo frio e que tenham sido minimamente processadas são usualmente armazenadas a baixa temperatura, que, em condições normais, provocaria dano pelo frio caso o produto estivesse intacto. Na maioria dos casos, entretanto, situações que normalmente ocasionariam essa desordem em frutas e hortaliças intactas não produzem sintomas

dessa desordem em produtos minimamente processados (KIM e KLIEBER, 1997). É discutível se produtos minimamente processados são mais tolerantes que sua contraparte intacta ou se os sintomas são menos visíveis nos produtos processados. Por exemplo, a ocorrência de pontuações escurecidas na superfície de frutos não tem nenhuma consequência no respectivo produto minimamente processado se a casca do mesmo é retirada no preparo.



Figura 3. Melão com sintoma de desordem pelo frio (“pitting”) superficial na casca.
(Foto: Celso L. Moretti)

Figura 4. Bananas com escurecimento superficial da casca causado por desordem pelo frio.
(Foto: Celso L. Moretti)



Uma possível explicação para a aparente maior tolerância dos produtos minimamente processados é que a sua maior perecibilidade reduz a vida de prateleira, por causa da ocorrência de doenças e da senescência dos tecidos antes do surgimento dos sintomas típicos do dano pelo frio. Ao comparar-se abobrinha minimamente processada armazenada a 0°C, 5°C e 10°C, as lesões causadas pelo frio foram mais severas a 0°C, e o escurecimento relacionado com a senescência foi de moderado a severo a 10°C; portanto, o armazenamento a 5°C foi a melhor opção, ainda que fosse possível visualizar sintomas de dano pelo frio que variavam de leve a moderado (IZUMI e WATADA, 1995).

O'Connor-Shaw *et al.* (1994) similarmente recomendaram a temperatura de 4°C, que causa dano pelo frio, para o armazenamento de melões “honey-dew”

minimamente processados, tendo em vista que os distúrbios relacionados com os processos senescentes eram muito mais severos em temperaturas mais elevadas.

Frutas e hortaliças minimamente processadas devem ser idealmente conservadas a baixas temperaturas. Como os sintomas de dano pelo frio não se revelam até o produto ser transferido para temperatura mais elevada, não-injuriante, acredita-se que esse fato possa parcialmente explicar a maior tolerância ao frio dos produtos minimamente processados (SALTVEIT e MORRIS, 1990). Além disso, frutas e hortaliças minimamente processadas são quase totalmente manuseadas em condições de atmosfera modificada. Existem vários relatos na literatura demonstrando que o armazenamento sob atmosfera modificada e controlada pode aliviar os sintomas de dano pelo frio em produtos intactos (FORNEY e LIPTON, 1990). Tal fato também foi observado em abobrinha minimamente processada (IZUMI *et al.*, 1996) e para fatias de tomate (HONG e GROSS, 2001).

Existem também algumas indicações de que produtos minimamente processados são de fato sujeitos a dano pelo frio, apesar da pequena manifestação de sintomas visuais da desordem. Por exemplo, a elevada respiração apresentada por produtos minimamente processados, quando comparada com produtos intactos, pode, em algumas situações, ser um indicativo da ocorrência de dano pelo frio (KANG e LEE, 1997).

O dano pelo frio causa alterações na membrana celular e extravasamento de solutos (JACKMAN *et al.*, 1989; TODD *et al.*, 1992; MARANGONI *et al.*, 1996). O extravasamento e a translucência dos tecidos são um sério problema para produtos minimamente processados como citros (BAKER e HAGENMAIER, 1997), tomates (ARTES *et al.*, 1999; HONG e GROSS, 2000) e melões (PORTELA e CANTWELL, 1998, 2001; BAI *et al.*, 2001), todos suscetíveis a dano pelo frio quando intactos.

O extravasamento de suco celular pode ser um fator limitante em melancia minimamente processada (DURIGAN *et al.*, 1996). Em estudos realizados com esse produto, verificou-se que tal extravasamento era mínimo a 3°C, maior a 1°C (presumivelmente devido a dano pelo frio) e aumentava rapidamente a 5°C, em função da aceleração da senescência.

O aumento da suscetibilidade de produtos minimamente processados à proliferação microbiana é usualmente associado à exposição dos tecidos internos, uma vez que o processamento remove a cutícula que atua como barreira para a entrada dos microorganismos, tornando os nutrientes presentes nos tecidos disponíveis para suportar o crescimento microbiano. Todavia, sabe-se que o dano pelo frio aumenta a suscetibilidade à infecção microbiana (BARKAI-GOLAN, 2001) e pode ter um papel desconhecido na relativa estabilidade dos microorganismos, quando se comparam tecidos intactos e minimamente processados sensíveis a dano pelo frio.

Uma consequência extremamente importante dessa desordem é a alteração de sabor e aroma por causa da inibição da síntese de compostos voláteis, muito

bem demonstrada para tomates (KADER *et al.*, 1978; BUTTERY *et al.*, 1987; MAUL *et al.*, 2000; BOUKOBZA e TAYLOR, 2002). Este é normalmente o primeiro sintoma de dano pelo frio e, em casos de exposição a condições injuriantes não muito severas, pode ser o único sintoma.

A retenção insuficiente de sabor por produtos minimamente processados, especialmente frutas (BEAULIEU e GORNY, 2002), é um problema amplamente conhecido. Se a escolha deve ser feita entre temperaturas que causem leves sintomas de dano pelo frio e temperaturas que acelerem a senescência e crescimento microbiano, a primeira deve ser a escolhida (WATADA e QI, 1999). Entretanto, há muita expectativa de que o sabor de produtos preparados com frutas e hortaliças minimamente processadas e sensíveis a dano pelo frio pode ser melhorado pelo manuseio desses produtos em temperaturas não-injuriantes, o que justificaria esforços para desenvolver tratamentos e procedimentos suplementares que possibilitem que esses produtos sejam manuseados em temperaturas mais elevadas.

3.2 Injúria pela atmosfera

Frutas e hortaliças minimamente processadas são quase em sua totalidade expostas a níveis diferenciados de O₂ e CO₂ em embalagens com atmosfera modificada e como resultado do uso de revestimentos. Há sempre o perigo de que esses produtos possam ser expostos a concentrações muito baixas de O₂ ou muito elevadas de CO₂, as quais podem induzir processos fermentativos (PEPPELENBOS *et al.*, 1996; PEPPELENBOS e VANT LEVEN, 1996). Níveis elevados de O₂ e CO₂ diminuem o pH do citoplasma, a concentração de ATP e a atividade da desidrogenase, enquanto a piruvato descarboxilase, álcool desidrogenase e a lactato desidrogenase são induzidas ou ativadas. A ativação dessas enzimas estimula o metabolismo fermentativo com o acúmulo de acetaldeído, etanol, acetato de etila e/ou lactato (KADER e SALTVEIT, 2003).

A tolerância de qualquer tecido a baixas tensões de O₂ é menor à medida que a temperatura de armazenamento aumenta, desde que os requerimentos para a respiração aeróbica do tecido aumentem com a elevação da temperatura. Dependendo do produto, danos associados a CO₂ podem tanto aumentar como decrescer com a elevação da temperatura. A produção de CO₂ aumenta com a temperatura, mas a sua solubilidade diminui. Assim, a concentração de CO₂ no tecido pode diminuir ou aumentar com o aumento da temperatura. Além disso, o efeito fisiológico do CO₂ poderia ser dependente da temperatura. Por exemplo, vagens minimamente processadas desenvolvem injúria por CO₂ em catorze dias quando expostas a 8% de CO₂ a 1°C, 18% de CO₂ a 4°C ou 20% de CO₂ a 8°C; mas nenhuma injúria se desenvolve quando armazenadas a 6% de CO₂ a 1°C (COSTA *et al.*, 1994).

Enquanto a maioria das pesquisas relacionadas com a tolerância de frutas e hortaliças a baixos níveis de O₂ e elevados de CO₂ tem sido limitada a um ou outro gás, a combinação de baixo O₂ e elevado CO₂, que é a típica situação num produto armazenado sob atmosfera modificada, teve um efeito aditivo no acúmulo

de acetaldeído e etanol em pêras (KE *et al.*, 1994) e abacates (KE *et al.*, 1995), bem como em nectarinas e pêssegos (GORNY *et al.*, 1999). Tanto a redução indesejável de O₂ quanto a elevação de CO₂ a 2,5°C produziram sabores e odores desagradáveis e manchas escurecidas em alface americana minimamente processada, em função da fermentação etanólica e da indução do metabolismo de compostos fenólicos, respectivamente (MATEOS *et al.*, 1993a). Todavia, as concentrações de CO₂ que causam manchas escurecidas em alface americana minimamente processada (ao redor de 20%) são, surpreendentemente, muito mais altas do que o nível (2%) que causa a mesma desordem no mesmo material intacto, não-processado (MATEOS *et al.*, 1993b). Ao mesmo tempo, 10% a 20% de CO₂ inibem o escurecimento típico, devido ao metabolismo fenólico nas superfícies cortadas de alface minimamente processada.

Como o tempo para a indução do escurecimento em alface minimamente processada é longo (dez a vinte dias), comparado com a vida de prateleira, e porque o escurecimento nas bordas cortadas é um problema mais sério (isto é, desenvolve-se mais rapidamente), a alface americana minimamente processada é tipicamente mantida em embalagens com atmosfera modificada especialmente desenvolvida a fim de manter a concentração de O₂ variando entre 0,5% e 3%, e a de CO₂ variando entre 10% e 15%, quando armazenada entre 0°C e 5°C (GORNY, 2001).

4. Qualidade sensorial

A aparência fresca e consistente, textura aceitável, sabor e aroma característicos, além de vida de prateleira suficiente para que sobrevivam ao sistema de distribuição, são determinantes da qualidade de produtos minimamente processados (SHEWFELT, 1987; SCHLIMME, 1995; WATADA *et al.*, 1996). A qualidade, no entanto, pode ser afetada por diversos fatores:

- **Cuidados no processamento** – a minimização de danos durante o processamento reduz estresses mecânicos, choques nos tecidos, a respiração e a produção de etileno e o escurecimento enzimático;
- **Enxágüe e sanitização** – a remoção de restos celulares das superfícies cortadas pode contribuir para a redução do escurecimento enzimático, enquanto a água fria reduz a deterioração;
- **Tratamentos com água quente** – choques térmicos redirecionam a energia celular das reações de estresse, reduzindo assim o escurecimento enzimático;
- **Manejo correto da temperatura** – temperatura baixa durante o processamento e manuseio minimiza a deterioração e reduz a respiração, a evolução do etileno, o escurecimento enzimático, as alterações de textura (amolecimento, endurecimento), a perda de açúcares e ácidos orgânicos e a perda de água;

- **Aplicação de compostos químicos** – inibe o escurecimento enzimático (acidulantes, agentes redutores, cisteína) e mantém a firmeza (sais de cálcio);
- **Aplicação de revestimentos ou invólucros comestíveis** – controla as trocas gasosas e o vapor de água, bem como a aplicação de outros compostos químicos;
- **Irradiação** – a inibição do amadurecimento pode afetar negativamente a textura, o sabor e o valor nutricional e pode produzir escurecimento enzimático;
- **Embalagem** – barreira ao vapor de água minimiza a dessecação e a flacidez dos tecidos e protege os produtos contra outros estresses mecânicos, enquanto a atmosfera modificada reduz a taxa de deterioração.

O escurecimento enzimático é um dos principais desafios de produtos minimamente processados (KIM *et al.*, 1993; WELLER *et al.*, 1997; SAPERS e MILLER, 1998). A qualidade pode ser afetada por fatores pré-colheita (ROMIG, 1995), tipo de cultivar e maturidade hortícola na colheita (YANO e SAIJO, 1987; KIM *et al.*, 1993; ROMIG, 1995; WELLER *et al.*, 1995; BEAULIEU e GORNY, 2002), estágio fisiológico da matéria-prima (BRECHT, 1995), manuseio pós-colheita e armazenamento (WATADA *et al.*, 1996), técnicas de processamento (BOLIN *et al.*, 1977; GARG *et al.*, 1990; HOWARD *et al.*, 1994; WRIGHT e KADER, 1997b), sanitização (HURST, 1995), embalagem (SOLOMOS, 1994; CAMERON *et al.*, 1995) e condições de armazenamento (LANGE e KADER, 1997a,b; WRIGHT e KADER, 1997a), mesmo antes do processamento propriamente dito (GORNY *et al.*, 2000), bem como por estratégias de “marketing” (SCHLIMME, 1995).

Rotineiramente, o que caracteriza a qualidade de frutas e hortaliças minimamente processadas é a manutenção da aparência, uma vez que o tempo de prateleira reduz consideravelmente o sabor, o aroma e a textura do produto (SAPERS *et al.*, 1997; KADER, 2002).

4.1 Aparência

O estresse oxidativo é um problema severo que pode limitar a vida de prateleira e mesmo o desenvolvimento de novos produtos minimamente processados. A exclusão de CO₂ ou a aplicação de antioxidantes pode controlar o escurecimento por meio da inibição de reações de oxidação. Alternativamente, interferir com o sinal gerado pelo estresse, como a síntese de enzimas do metabolismo de fenólicos, ou a síntese dos próprios compostos fenólicos, prevenirá o acúmulo de níveis deletérios de compostos fenólicos, eliminando o escurecimento.

A possibilidade de prever o potencial de escurecimento de um tecido antes do processamento pode também auxiliar na tomada de decisão do ponto de vista de

comercialização do produto, bem como na decisão de quais tratamentos, embalagem e condições de armazenamento serão necessárias para a manutenção da máxima qualidade e vida de prateleira. A medição dos níveis iniciais de enzimas do metabolismo de fenilpropanóides (fenilalanina amônia liase – FAL – e polifenoloxidase – PFO) ou o nível de compostos fenólicos nesses tecidos não dão uma boa indicação da sua vida de prateleira (COUTURE *et al.*, 1993). Em contraste, esses fatores medidos alguns dias após a ocorrência do estresse estão altamente correlacionados com a vida de prateleira subsequente. Um teste rápido que medisse a indução ao escurecimento antes do processamento seria preferível a um teste que avaliasse a formação de compostos de escurecimento alguns dias após o processamento mínimo.

Cebolas e milho-doce minimamente processados adquirem escurecimento após a cocção por razões desconhecidas. O escurecimento, que limita a vida de prateleira desses produtos, aumenta com o tempo de armazenamento em temperaturas mais elevadas e é reduzido pelo abaixamento das concentrações de O₂ e/ou elevação da tensão de CO₂ (LANGERAK, 1975; BLANCHARD *et al.*, 1996; RIAD e BRECHT, 2001). O estresse antes do armazenamento parece ser um pré-requisito para a ocorrência do escurecimento após o cozimento, porque ele não ocorre quando o milho-doce é retirado da espiga e imediatamente cozido.

A perda de água pode afetar negativamente a aparência de frutas e hortaliças minimamente processadas, como é o caso do esbranquiçamento na superfície de cenouras minimamente processadas (Figura 5), notadamente de minicenouras (“baby-carrots”), devido ao ressecamento de resquícios celulares que permanecem na superfície do tecido (TATSUMI *et al.*, 1991; CISNEROS-ZEVALLOS *et al.*, 1995).

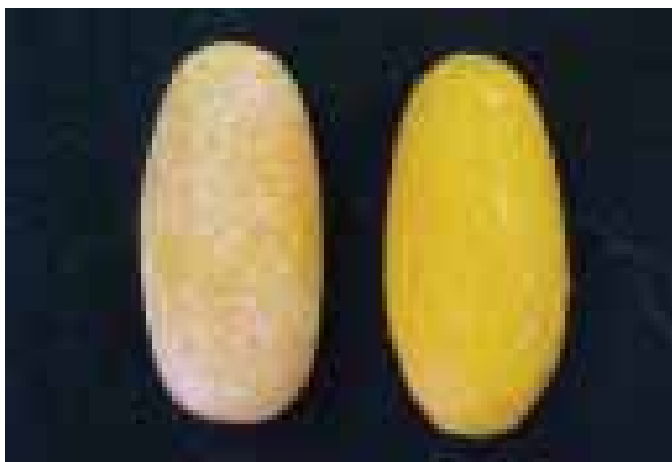


Figura 5. Minicenouras com (E) e sem (D) esbranquiçamento.
(Foto: Celso L. Moretti)

Esse fenômeno também pode ocorrer com batata, cebola, aspargo e feijão-vagem minimamente processados (REYES, 1996) e pode ser um sério defeito de qualidade, porque os consumidores normalmente associam o esbranquiçamento com doenças. Os resquícios celulares que permanecem na superfície de cenouras após o descascamento ficam aderidos à superfície das raízes em função da existência de um fino filme de água (CISNEROS-ZEVALLOS *et al.*, 1995). À medida que a água evapora, porções da parede celular danificada pelo processamento e que

ainda estão ligadas ao tecido superficial são liberadas pela redução da tensão superficial da água, refletindo a luz incidente, o que dá o aspecto esbranquiçado ao produto. Cortes com facas bem afiadas reduzem o número de células danificadas, removem de forma mais eficiente as células cortadas e reduzem a aparência de esbranquiçamento das minicenouras (TATSUMI *et al.*, 1991) e, provavelmente, produzem o mesmo efeito em outros produtos minimamente processados.

4.2 Textura

Mudanças na textura durante o armazenamento de frutas e hortaliças minimamente processadas são oriundas tanto do processo de amadurecimento quanto da senescência ou, ainda, podem ser causadas por perda de líquido. O amadurecimento e a senescência estão associados à mudança da atividade enzimática da parede celular (HUBER, 1983; FISCHER e BENNETT, 1991) e a alterações no pH e no nível de agentes quelantes (MACDOUGALL *et al.*, 1995), que resultam em mudanças texturais, como amolecimento da polpa, separação celular e aumento da quantidade de suco dos tecidos. Alterações enzimáticas associadas à senescência também podem resultar em endurecimento de tecidos, como efeito da lignificação. (SMITH *et al.*, 2003).

A perda de líquido pode ser por causa da evaporação de água ou do vazamento de suco celular e resulta em tecidos amolecidos e flácidos. O amadurecimento e a senescência aumentam a permeabilidade de membranas e o extravasamento do conteúdo celular em tecidos vegetais. A suculência de frutos maduros é diferente do extravasamento de suco celular. Ela está relacionada basicamente a características sensoriais, ao tamanho das células, à espessura da parede celular e à facilidade com que as células são rompidas e o seu conteúdo liberado durante o consumo (SZCZESNIAK e ILKER, 1988). O extravasamento de suco celular de frutas e hortaliças tropicais e subtropicais pode também ser uma manifestação de dano pelo frio (ver o item 3.1 deste capítulo).

4.3 Sabor e aroma

O sabor e o aroma de frutas e hortaliças minimamente processadas são fatores críticos para a apreciação e aceitação desses produtos por parte dos consumidores. Atributos sensoriais tais como a doçura e outras características aromáticas podem ser os indicadores mais importantes da vida de prateleira sob o ponto de vista do consumidor.

O sabor e o aroma são características que contribuem de forma decisiva para a identificação da natureza de um alimento. O sabor se refere à detecção de compostos não-voláteis na língua, enquanto o aroma é diretamente relacionado a compostos voláteis detectados no nariz. Essas duas características estão intrinsecamente relacionadas, tendo sido demonstrado que a percepção de um dado aroma pode ser influenciada por determinados níveis de compostos relacionados com o sabor, e vice-versa (BEAULIEU e BALDWIN, 2002). O desafio no manuseio de frutas e hortaliças minimamente processadas é a manutenção do

aroma e do sabor originais do produto quando intacto. Atualmente não é prático testar a qualidade sensorial durante o armazenamento ou manuseio, o que faz a maturidade inicial e padrões de qualidade que afetam o aroma e o sabor extremamente importantes para assegurar produtos de excelente qualidade durante a vida de prateleira (BEAULIEU e GORNY, 2002).

São discutidas a seguir algumas das principais implicações que dois grupos de compostos possuem sobre o aroma e o sabor característicos de frutas e hortaliças minimamente processadas.

4.3.1 Açúcares solúveis e ácidos orgânicos

A depleção nas reservas de carboidratos como resultado do estímulo da respiração, notadamente por causa de estresses sofridos, pode reduzir a qualidade organoléptica de alguns produtos minimamente processados, como melões, cuja qualidade é altamente dependente do conteúdo de açúcares, ou daqueles com níveis naturalmente reduzidos de açúcares e carboidratos de reserva, como é o caso do amido. Em contraste a bananas e maçãs que convertem significativas quantidades de amido em açúcares à medida que amadurecem, melões e tomates possuem pequena capacidade de repor os açúcares perdidos, em razão da aceleração da respiração durante o armazenamento ou o amadurecimento. Ácidos orgânicos são outro substrato respiratório significativo, e o aumento do pH em maçã minimamente processada tem sido atribuído a esses ácidos orgânicos na respiração (KIM *et al.*, 1993). A redução de ácidos orgânicos pode ter um efeito negativo na qualidade organoléptica de frutos como a maçã, o pêssego e a manga, para os quais o balanço entre a doçura (açúcares) e a acidez (ácidos orgânicos) é um importante atributo relacionado ao sabor e ao aroma.

4.3.2 Compostos voláteis

Compostos voláteis podem ser sintetizados durante o curso normal do desenvolvimento de frutas e hortaliças e compreendem vasto grupo de natureza química variada, como alcoóis, aldeídos, ésteres, cetonas e lactonas, dentre outros (BALDWIN, 2002). Pouco se sabe sobre os efeitos das temperaturas de armazenamento e das atmosferas sobre a produção normal de compostos voláteis em frutas e hortaliças minimamente processadas, com exceção das alterações que sabidamente ocorrem em função de dano pelo frio (BUTTERY *et al.*, 1987; MAUL *et al.*, 2000), conforme comentado antes neste capítulo.

Outros compostos aromáticos têm vida extremamente efêmera e são sintetizados somente após a ruptura do tecido. Elevação na atividade da lipoxigenase é um evento comum em tecidos senescentes (SIEDOW, 1991), e a atuação desta enzima na degradação de lipídios da membrana que se formam após a maceração do tecido resulta em aromas característicos, mas efêmeros, em um grande número de frutas e hortaliças (GARDNER, 1989). E outros compostos aromáticos são liberados a partir de glicosídeos e glicoinolatos, bem como de outras formas químicas (BALDWIN, 2002).

A persistência (ou possível ausência) desses compostos aromáticos em produtos minimamente processados deve ser uma preocupação. É bem sabido entre pesquisadores e processadores que o sabor de frutas minimamente processadas torna-se insosso durante o armazenamento prolongado. Moretti *et al.* (2002) sugerem que a injúria interna de impacto causa efeito similar no sabor de tomates intactos, uma vez que o estresse mecânico sofrido provoca alterações na rota biossintética de compostos voláteis aromáticos, ocasionando síntese prematura (e perda) desses compostos. Existe grande potencial para o desenvolvimento de revestimentos ou invólucros comestíveis com propriedades que possibilitem maior retenção de compostos voláteis no interior de tecidos vegetais (MILLER e KROCHTA, 1997; BALDWIN *et al.*, 1998), o que auxiliaria sobremaneira na solução deste grave problema.

Grande interesse tem sido gerado pelo potencial uso de equipamentos denominados “narizes eletrônicos”, que empregam múltiplos sensores com o objetivo de criar “impressões digitais” de compostos voláteis, visando o controle de qualidade na indústria de alimentos (BARTLETT *et al.*, 1997; GIESE, 2000). O “nariz eletrônico” tem sido adotado na comparação de compostos voláteis característicos de um dado produto e na avaliação de mudanças em compostos voláteis durante o armazenamento de vários tipos de sucos de frutas e hortaliças frescas (DEMIR, 2002).

Maul *et al.* (1998, 2000) empregaram um “nariz eletrônico” para identificar e classificar, de forma não-destrutiva, tomates maduros que haviam sido colhidos em diferentes estádios de amadurecimento e expostos a diferentes temperaturas de armazenamento. Riva *et al.* (2001) correlacionaram a resposta de um “nariz eletrônico” com o grau de frescor de chicória e cenoura minimamente processadas quanto à coloração e à ocorrência de doenças. Eles empregaram análise de componentes principais e concluíram que o primeiro componente principal era correlacionado com a população microbiana e o índice de cor, indicando que o equipamento poderia, potencialmente, ser um substituto de outros métodos para aquelas avaliações. Moretti *et al.* (2000) usaram um “nariz eletrônico” para identificar tomates com injúria interna de impacto.

5. Fitonutrientes

Existe apreciável evidência epidemiológica que sugere que o consumo regular de frutas e hortaliças tem um prolongado efeito benéfico na saúde dos indivíduos e pode reduzir o risco de ocorrência de câncer e de outras doenças crônicas, como as coronarianas.

Uma variedade considerável de fitoquímicos, como polifenóis, vitaminas **C** e **E**, betacaroteno e outros carotenóides, são citados na literatura como compostos funcionais, tendo características antimutagênicas, anticancerígenas e inibidores de diferentes tipos de câncer que são induzidos quimicamente. Esses fitoquímicos são conhecidos como “vitaminas antioxidantes”, apesar do betacaroteno ser na verdade uma pró-vitamina A (ELLIOTT, 1999).

A maioria desses compostos é sabidamente inibidora de danos nas células e no DNA causados por formas reativas de oxigênio e outros radicais livres, o que pode, em última análise, levar ao aparecimento de doenças degenerativas. Frutas e hortaliças são uma fonte primária de antioxidantes em nossa dieta, e ações durante o processamento mínimo que possibilitem a retenção máxima da bioatividade desses compostos devem ser consideradas em todas as etapas do processamento, desde o corte da matéria-prima até a escolha da embalagem e condições de armazenamento.

Pesquisas demonstraram que as concentrações de vitaminas, de minerais e de outros compostos fitoquímicos são reduzidas após as operações de processamento mínimo e são afetadas pelas condições de manuseio, embalagem e armazenamento. A perda de nutrientes é geralmente acelerada após a ocorrência de estresses (KLEIN, 1987). Todavia, estresses associados ao processamento podem também desencadear a biossíntese de numerosos compostos que afetam o conteúdo de antioxidantes e a qualidade final do produto. A síntese de etileno em decorrência de estresses após o processamento mínimo pode estimular grande diversidade de respostas fisiológicas, incluindo a perda de vitamina C e clorofila e a indução do metabolismo de fenólicos (KADER, 1985; SALTVEIT, 1999; TUDELA *et al.*, 2002a,b).

A Sociedade Americana de Câncer recomenda o consumo de cinco ou mais porções diárias de frutas e hortaliças para manter a saúde ótima. Os alimentos minimamente processados são um complemento para esse programa.

Há evidências de correlação entre o atraso ou a supressão de ocorrência de doenças degenerativas e as taxas de consumo de frutas e hortaliças (ZIEGLER, 1991; GERSHOFF, 1993; BLOCK e LANGSETH, 1994; STEINMETZ e POTTER, 1996; VAN-POPPEL e VAN DEN BERG, 1997). Fitoquímicos presentes numa dieta baseada em produtos vegetais podem agir como agentes redutores, captadores de radicais livres, quelantes de íons metálicos e supressores de espécies reativas de oxigênio e podem modular os efeitos de várias enzimas antioxidantes no corpo humano (HO, 1992; OKUDA, 1993).

Uma preocupação importante nas etapas envolvidas no processamento mínimo é a potencial perda de fitonutrientes e outros agentes antioxidantes por meio de reações oxidativas (enzimáticas e não-enzimáticas) que ocorrem nas superfícies cortadas ou durante o armazenamento. Após a ruptura celular, a ação de várias peroxidases e lipoxigenases e da polifenoloxidase pode abaixar a qualidade nutricional de um produto, enquanto a geração de espécies reativas de oxigênio pode destruir os fitonutrientes em condições normais de armazenamento.

5.1 Efeitos do processamento mínimo sobre os fitonutrientes

O processamento mínimo causa variadas alterações no conteúdo dos principais fitonutrientes presentes em frutas e hortaliças.

5.1.1 Carotenóides

Carotenóides são compostos encontrados em frutas e hortaliças, importantes por sua excelente capacidade antioxidante e pela diversidade de cores que conferem a esses produtos. A distribuição e a concentração de carotenóides varia entre diferentes produtos e cultivares (SOOD *et al.*, 1993; MERCADANTE e RODRIGUEZ-AMAYA, 1998; ABUSHITA *et al.*, 2000; HOLLEY *et al.*, 2000; LEONARDI *et al.*, 2000) e com as condições de cultivo (BIACS *et al.*, 1995; BRADLEY e RHODES, 1969), o que dificulta para os processadores a entrega de um produto consistente, com coloração e conteúdo de nutrientes uniformes.

O consumo diário de carotenóides é oriundo de frutas e hortaliças (GODDARD e MATHEWS, 1979), e os seis compostos mais importantes que conferem proteção aos estresses oxidativos são o alfa e o betacaroteno, luteína, zeaxantina e a betacriptoxantina. Os carotenóides podem ser classificados em dois grupos: com atividade de pró-vitamina A (alfa e betacaroteno e betacriptoxantina) ou xantofilas oxigenadas e sem atividade de pró-vitamina A (LEVY *et al.*, 1995), mas potentes antioxidantes que podem ajudar a prevenir catarata e a degeneração macular relacionada com o envelhecimento (SEDDON *et al.*, 1994; MATSUFUJI *et al.*, 1998).

Estudos epidemiológicos indicam que os carotenóides e outros antioxidantes têm papel importante na prevenção de numerosas doenças crônicas, incluindo certos tipos de câncer, doenças cardiovasculares, infartos e catarata (GAZIANO e HENNEKENS, 1993; BLOCK e LANGSETH, 1994; STEINMETZ e POTTER, 1996; VAN POPPEL e VAN DEN BERG, 1997), além de serem essenciais para o crescimento normal do ser humano, para a reprodução e para resistência a infecções (TEE, 1992). Como compostos antioxidantes e por causa da coloração característica que eles conferem às frutas e hortaliças, a exploração de técnicas que permitam a máxima retenção desses compostos é vital para a manutenção das características nutricionais e de qualidade.

Os pigmentos carotenóides são os principais responsáveis pela diversidade de coloração das frutas e hortaliças, variando entre o amarelo e laranja até o vermelho, dependendo do produto e da concentração em que está presente. A retenção de pigmentos carotenóides em produtos minimamente processados tem sido alvo de muita investigação. Os carotenóides na rota biossintética do ácido mevalônico e a concentração destes pigmentos geralmente variam com os diferentes estádios de maturação. Esses pigmentos têm um papel diverso nas funções biológicas de plantas e animais; além de possuir propriedades pró-vitamínicas e antioxidantes, modulam a ação de enzimas detoxificantes, regulam a expressão de genes, auxiliam na comunicação celular e aumentam a imunidade dos organismos (CLEVIDENCE *et al.*, 2000).

Os carotenóides são relativamente estáveis em seu ambiente natural, mas se tornam mais lábeis quando sujeitos a tratamentos pós-colheita e a operações de processamento (RIGAL *et al.*, 2000), em função do dano oxidativo resultante

do alto grau de insaturação, que também é responsável pela coloração e pelas propriedades antioxidantes.

As concentrações são tipicamente estáveis em frutas e hortaliças não-climatéricas após a colheita, o que levou muitos pesquisadores a conduzir ensaios visando à manutenção desses níveis durante o manuseio e o armazenamento. Avaliações de cultivares e meios de prevenir a perda durante as etapas de processamento mínimo influenciarão os níveis totais de antioxidantes e possibilitarão a máxima concentração de pró-vitamina A até o consumo do produto (HEINONEN, 1990; RAO *et al.*, 1998).

Os carotenóides são normalmente instáveis em condições ácidas, com degradação acentuada na presença de luz, enzimas, oxigênio, catalisadores metálicos e baixa atividade de água (DORANTES-ALVAREZ e CHIRALT, 2000). A ruptura de tecidos vegetais por ação mecânica ou durante a senescência também pode levar a uma rápida destruição dos carotenóides por meio da ação de enzimas oxidativas, mas pode ser prevenida pelo uso de agentes redutores ou de atmosferas modificadas (SIMPSON *et al.*, 1976; BIACS e DAOOD, 2000).

5.1.2 Ácido ascórbico

O ácido ascórbico é um antioxidante solúvel em água e há muito tempo tem sido associado à inibição de reações oxidativas, além de ser um marcador-chave para a determinação do grau de oxidação em frutas e hortaliças minimamente processadas (BARTH *et al.*, 1993). Com propriedades anti-escorbúticas, o ácido ascórbico pode aumentar a absorção de ferro não-heme e pode proteger contra doenças relacionadas a estresses oxidativos e à degeneração decorrente do envelhecimento, como as doenças coronarianas, catarata e alguns tipos de câncer (GERSHOFF, 1993; SAUBERLICH, 1994).

Níveis de ácido L - ascórbico não estão necessariamente relacionados a conteúdo de vitamina C, uma vez que o ácido deidroascórbico também possui atividade de vitamina C e é utilizado pelo corpo humano de maneira similar (PETERSEN e BERENDS, 1993; LEE e KADER, 2000).

O ácido ascórbico é facilmente degradado durante as operações de processamento mínimo, e os níveis são diretamente afetados pelas técnicas de corte (BARRY-RYAN e O'BEIRNE, 1999), pela composição gasosa (GIL *et al.*, 1998b, 1999), pelo tipo de embalagem (BARTH e ZHUANG, 1996), pela perda de água, pelo binômio tempo/temperatura (NUNES *et al.*, 1998; LEE e KADER, 2000), pela intensidade de luz, calor e O₂, pelas enzimas oxidativas e pela presença de metais pró-oxidantes (ALBRECHT *et al.*, 1991; LEE e KADER, 2000).

5.1.3 Polifenóis

Os compostos polifenólicos são uma das principais categorias de compostos antioxidantes presentes em frutas e hortaliças, que engloba milhares de compostos

individuais em várias concentrações em diversos produtos. Os polifenóis são geralmente classificados em grupos baseados em características estruturais e funcionais (RICE-EVANS *et al.*, 1996) que unicamente distinguem cada um. A efetividade como antioxidantes é geralmente dependente do número e da localização dos radicais hidroxila. Desses compostos, os flavonóides constituem a classe mais diversa, englobando antocianinas, flavonóis, flavonas, flavononas, flavana-3-óis e biflavanos. Eles são conhecidos pela sua excelente capacidade antioxidante. Outros compostos fenólicos importantes são os ácidos hidroxicinâmico e hidroxibenzóico, ambos derivados primariamente da rota biossintética dos fenilpropanóides, e os taninos, que são polímeros de flavonóides ou ácidos fenólicos.

Dados epidemiológicos têm sugerido que alguns compostos fenólicos atuam na prevenção da carcinogênese por meio da redução da formação de oxidantes, captura de radicais livres, redução de intermediários reativos ou na indução de sistemas oxidativos de cura. Os compostos fenólicos são conhecidos por possuírem ação antimicrobiana, antioxidante, e propriedades de inibição de oxidases que variam em função da estrutura e solubilidade de cada composto (SICHEL *et al.*, 1991; TERESCHUK *et al.*, 1997; KUJUMGEIV *et al.*, 1999; PALMA *et al.*, 1999; KABUKI *et al.*, 2000; RAUHA *et al.*, 2000).

A maioria das frutas e hortaliças possui níveis moderados de compostos fenólicos neutros (flavonóides) e de ácidos polifenólicos, os quais têm papel importante na redução da ocorrência de doenças crônicas e degenerativas (HERTOG *et al.*, 1993; KELI *et al.*, 1996; KNEKT *et al.*, 1996, 1997; GARCIA-CLOSAS *et al.*, 1998). Os flavonóides têm sido estudados tanto na área biomédica quanto na área agrícola, em função de seus efeitos diversos em uma gama variada de sistemas.

Os flavonóides são potentes antioxidantes e inibidores de espécies reativas de oxigênio (SORAT *et al.*, 1982; ROBAK e GRYGLEWSKI, 1988; DE WHALLEY *et al.*, 1990). Eles podem inibir enzimas oxidorreduzases (LAUGHTON *et al.*, 1991; BRUYNE *et al.*, 1999; CASELLA *et al.*, 1999; SCHUBERT *et al.*, 1999; SHIMIZU *et al.*, 2000) e modular funções celulares imunológicas e inflamatórias (DECHARNEUX *et al.*, 1992), sendo, portanto, importantes componentes que devem ser mantidos nas frutas e hortaliças minimamente processadas.

Os polifenóis, juntamente com os carotenóides e o ácido ascórbico, constituem significativa porção da total capacidade antioxidativa de frutas e hortaliças. Sendo assim, a manutenção de níveis elevados desses compostos em produtos minimamente processados é crítica para a saúde dos consumidores.

Recentes descobertas têm aumentado o interesse em compostos polifenólicos em frutas e hortaliças minimamente processadas em função da sua elevada capacidade antioxidante. Polifenóis, especialmente as antocianinas, contribuem de maneira decisiva para a capacidade antioxidante de diversas frutas e hortaliças (CAO *et al.*, 1996; WANG *et al.*, 1996, 1997; PRIOR *et al.*, 1998;

KALT *et al.*, 1999; CHANG *et al.*, 2000; EHLENFELDT e PRIOR, 2001). Foi demonstrado que compostos polifenólicos são mais efetivos do que carotenóides na inibição de oxidação "in vitro" (CHANG *et al.*, 2000). Todavia, devido à complexidade dos sistemas estudados e ao grande número de compostos associados aos processos antioxidantes (VELIOGLU *et al.*, 1998), o papel individual de um composto é normalmente difícil de identificar.

5.1.4 Metabólitos secundários

Muitas frutas e hortaliças adaptaram mecanismos de defesa na forma de fitoalexinas com o intuito de conferir barreiras químicas e físicas como resposta a condições de estresse. Esses compostos são classificados como metabólitos secundários e usualmente consistem de proteínas e compostos fenólicos de baixo peso molecular. As plantas podem sintetizar um complexo grupo desses compostos tanto na pré- quanto na pós-colheita, em resposta a estresses, cicatrização, exposição ao etileno ou ao ataque de microorganismos e de doenças (BABIC *et al.*, 1993a,b; DIXON e PAIVA, 1995; TOIVONEN, 1997).

O complemento formado de compostos secundários é dependente da espécie da planta, do tecido envolvido e da extensão do estresse sofrido. Os vários compostos que podem ser produzidos em frutas e hortaliças estressadas compreendem os ácidos hidroxicinâmico e hidroxibenzóico, flavonóides, terpenóides, alcalóides, taninos, glicoinolatos, ácidos graxos de cadeia longa e vários alcoóis (MILLER, 1992). Tais compostos têm, dentre outras, a função de defesa da planta contra ataques fúngicos e bacterianos.

Em vários casos, esses compostos afetam significativamente o aroma, o sabor, a aparência, o valor nutritivo e a segurança dos produtos minimamente processados. Felizmente alguns compostos relacionados com o aroma e o sabor podem persistir por tempos relativamente curtos, mas outros persistem pela vida inteira do produto, resultando na deterioração da sua qualidade sensorial. Minimizar muitos desses fatores de estresse durante as etapas de preparo dos produtos minimamente processados pode melhorar a vida de prateleira e ajudar na retenção de maiores concentrações de fitonutrientes disponíveis.

Vários estudos têm relatado a perda, biossíntese e conversão metabólica de compostos fenólicos após estresse fisiológico decorrente do processamento mínimo. Derivados dos ácidos hidroxicinâmico e hidroxibenzóico foram significativamente alterados em batatas irradiadas (RAMAMURTHY *et al.*, 1992) e em cenouras raladas (BABIC *et al.*, 1993a,b) como compostos fenólicos, alcançando concentração máxima logo após a ocorrência do estresse, seguida de redução após o armazenamento. Tais perdas podem ser resultado de alterações metabólicas ou de reações de condensação enzimática ou não-enzimática.

Elevações de derivados do ácido cinâmico foram também observadas na nervura central transparente de alface de cultivares avermelhadas, mas um aumento correspondente não foi observado nas seções das folhas com coloração esverdeada

ou avermelhada, ricas em polifenólico, indicando que a biossíntese localizada de compostos fenólicos é influenciada pelo nível inicial de compostos fenólicos (FERRERES *et al.*, 1997).

Derivados do ácido cinâmico estão sempre entre os primeiros compostos sintetizados em frutas e hortaliças que sofreram algum tipo de estresse. Enzimaticamente regulados pela FAL (HOWARD *et al.*, 1994; LOPEZ-GALVEZ *et al.*, 1996b; SALTVEIT, 2000), rápida acumulação de compostos fenólicos como os ácidos clorogênico, isoclorogênico, caféico e hidroxibenzóico podem ocorrer. Embora esses compostos sejam conhecidos como eficientes antioxidantes, seus efeitos na qualidade nutricional como um todo são desconhecidos e sua elevação é geralmente indesejável, uma vez que vários são excelentes substratos para enzimas oxidativas. Todavia, a determinação dos benefícios da síntese “de novo” de compostos fenólicos como resultado do estresse sofrido pelos tecidos pode ser um importante fator de proteção para outros fitonutrientes contra reações oxidativas.

5.2 Prevenção da perda de nutrientes

Existem diversas estratégias que podem ser empregadas para a prevenção da perda de nutrientes em frutas e hortaliças minimamente processadas. A seguir são apresentadas as mais comumente utilizadas.

5.2.1 Tratamentos físico-químicos

É geralmente aceito que as operações de processamento mínimo de frutas e hortaliças promovem a degradação de vários compostos fitoquímicos por meio de reações enzimáticas e auto-oxidativas. A magnitude da mudança nutricional é altamente dependente do produto, da severidade do estresse sofrido, da composição atmosférica e de condições de armazenamento.

O controle adequado de temperatura está entre os fatores mais críticos que influenciam a retenção de nutrientes em frutas e hortaliças minimamente processadas. A maioria das reações enzimáticas e oxidativas ocorre mais rapidamente sob temperaturas mais elevadas. O controle da temperatura serve para reduzir a população microbiana e desacelerar reações químicas que afetam as características sensoriais e a concentração de fitoquímicos, devendo ser levada em consideração em todas as técnicas desenvolvidas visando à retenção de nutrientes em frutas e hortaliças minimamente processadas.

O conteúdo nutricional diminui em produtos minimamente processados, quando comparado com os mesmos produtos intactos, especialmente os níveis de vitamina C (KLEIN, 1987; MCCARTHY e MATTHEWS, 1994). Após o estresse sofrido pelo tecido e a exposição à luz e ao ar, compostos com propriedades antioxidantes podem ser perdidos pela ação enzimática e oxidativa no local da ruptura do tecido celular, seja em reações secundárias ou acopladas à oxidação de lipídios, seja em reações com a ocorrência de liberação de etileno de estresse,

seja por meio da exposição a sanitizantes clorados, seja por meio de moderada desidratação (BARTH *et al.*, 1990; PARK e LEE, 1995; WRIGHT e KADER, 1997a,b; NUNES *et al.*, 1998). Portanto, o desenvolvimento de tratamentos pós-colheita que reduzam a perda de fitonutrientes após o processamento mínimo é vital para assegurar que o máximo possível de nutrientes chegue ao consumidor.

Vários tratamentos químicos e físicos têm sido estudados em frutas e hortaliças minimamente processadas com o intuito de manter a aparência fresca e o conteúdo de nutrientes. Tratamentos térmicos brandos ou acidificação superficial têm sido adotados para inibir a ação de enzimas oxidativas e servem para proteger da degradação alguns nutrientes, contanto que seja mantida alta atividade de água (DORANTES-ALVAREZ e CHIRALT, 2000). A manutenção da alta umidade relativa durante o armazenamento foi efetiva na retenção de compostos antioxidantes (JIANG e FU, 1999).

Ácido ascórbico é normalmente aplicado a superfícies cortadas em associação com invólucros comestíveis, com o intuito de prevenir o escurecimento enzimático nas superfícies. Atuando tanto como acidulante quanto como agente redutor, o ácido ascórbico pode reduzir quinonas de volta a compostos fenólicos. A combinação de agentes redutores e ácidos foi efetiva na prevenção de escurecimento superficial e na retenção de açúcares e ácidos orgânicos em maçãs minimamente processadas (BUTA *et al.*, 1999), e seu efeito pode ser aumentado quando combinado com outras técnicas de conservação, como embalagem sob atmosfera modificada e controle adequado de temperatura.

5.2.2 Atmosferas modificadas

A atmosfera modificada é um meio efetivo de reduzir reações enzimáticas e oxidativas que afetam os conteúdos de fitonutrientes em frutas e hortaliças minimamente processadas, por meio da redução da concentração de O₂ e da elevação da concentração de CO₂. Atmosferas modificadas foram usadas para a manutenção de elevados teores de pró-vitamina A e vitamina C em brócolis minimamente processado (BARTH *et al.*, 1993; BARTH e ZHUANG, 1996; PARADIS *et al.*, 1996) e pimentas do tipo jalapeño (HOWARD e HERNANDEZ-BRENES, 1998), mas teve pouco efeito no conteúdo de pró-vitamina A em fatias de pêssego e de caqui (WRIGHT e KADER, 1997a) e foi ineficiente na retenção de ácido ascórbico em morango e em caqui fatiados (WRIGHT e KADER, 1997b).

Concentrações extremas de CO₂ (maiores que 20%) podem aumentar a degradação ou suprimir a síntese de vitamina C (WANG, 1983; AGAR *et al.*, 1997; TUDELA *et al.*, 2002b) e antocianinas (GIL *et al.*, 1997; HOLCROFT *et al.*, 1998; HOLCROFT e KADER, 1999; TUDELA *et al.*, 2002a), enquanto certos níveis de CO₂ podem induzir a biossíntese de pró-vitamina A (WEICHMANN, 1986).

Em estudo conduzido por Gil *et al.* (1998b), a modificação da atmosfera não afetou o conteúdo de flavonóides de acelga e reduziu significativamente os níveis de ácido ascórbico, enquanto que a utilização de um fluxo de ar de 100%

de N₂ em embalagens de alface minimamente processada contribuiu para a retenção de maiores níveis de ácido ascórbico do que a atmosfera modificada passiva e o controle com ar (BARRY-RYAN e O'BEIRNE, 1999).

Em espinafre minimamente processado, o conteúdo de flavonóides permaneceu constante durante o armazenamento em ar atmosférico. Todavia, esta hortaliça armazenada sob atmosfera modificada continha maiores teores de ácido deidroascórbico, o que resultou em atividade antioxidante reduzida, quando comparada com o controle em ar atmosférico (GIL *et al.*, 1999). Reduções nos conteúdos de flavonóides foram observados em alface 'Lollo Rosso' armazenado sob atmosfera modificada (GIL *et al.*, 1998a), indicando que existe um papel específico do produto na retenção global de fitonutrientes.

5.2.3 Revestimentos comestíveis

A aplicação de compostos compatíveis com alimentos na água de lavagem ou na superfície de frutas e hortaliças minimamente processadas, como revestimentos, propicia benefícios imediatos no sítio ativo de deterioração dos nutrientes. Os benefícios desses revestimentos ou invólucros comestíveis são: redução na atividade respiratória, inibição do escurecimento enzimático e retenção de vários fatores de qualidade. Tais benefícios são conseguidos pela criação de uma barreira ao O₂, que influencia as taxas de oxidação enzimática e não-enzimática (LI e BARTH, 1998).

Embora os efeitos de revestimentos comestíveis em frutas e hortaliças intactas tenham sido bem estudados, a eficácia na retenção de fitonutrientes em produtos minimamente processados não foi extensivamente investigada. A retenção de vitamina A e C e de alguns compostos fenólicos durante o manuseio e o armazenamento é conhecida somente em alguns produtos, e a informação disponível para alterações na atividade de vários antioxidantes é limitada. Com a crescente demanda por produtos frescos *in natura* e minimamente processados, há necessidade de estudar variações no conteúdo de compostos biologicamente ativos durante as etapas de embalagem e de armazenamento.

Os revestimentos ou invólucros comestíveis são um método comum para melhorar a aparência de frescor e a qualidade de muitas frutas e hortaliças (BALDWIN *et al.*, 1995a,b; 1996). Cenouras minimamente processadas tratadas com revestimentos à base de celulose tiveram significativa retenção de vitamina A num estudo (LI e BARTH, 1998), enquanto outro revestimento não surtiu o efeito esperado (HOWARD e DEWI, 1996).

Revestimentos são geralmente usados como barreiras à difusão de O₂, mas podem também servir como veículo para compostos químicos com o intuito de melhorar a estabilidade oxidativa ou inibir a ação de enzimas oxidativas. Pouca ou nenhuma evidência existe acerca da eficácia da incorporação de compostos fitoquímicos de ocorrência natural em revestimentos comestíveis visando a retenção de antioxidantes naturais, em qualquer produto minimamente processado.

Contudo, o uso de ácidos orgânicos como o ácido ascórbico ou outros compostos similares é bastante comum. A retenção de compostos fitoquímicos compreende o controle de enzimas de óxido-redução, metais com propriedades antioxidantes e espécies reativas de oxigênio que podem ser parcialmente controladas com o emprego de revestimentos comestíveis.

As diversas operações de processamento mínimo de frutas e hortaliças contribuem para a ruptura de membranas celulares e a descompartimentalização de sistemas de enzimas e substratos (ROLLE e CHISM, 1987), ocasionando a deterioração oxidativa (KADER e BEM-YEHOSHUA, 2000) ou o acúmulo de metabólitos secundários (TALCOTT e HOWARD, 1999). Tais efeitos podem ser facilmente minimizados pelo uso criterioso de revestimentos comestíveis. A aplicação de revestimentos comestíveis em frutas e hortaliças deve atentar para a composição química, a forma de processamento e as técnicas de embalagem empregadas para um produto particular. Esforços devem ser concentrados no estudo da coloração, do sabor e das propriedades antioxidantes resultantes da aplicação dos revestimentos comestíveis durante o armazenamento.

6. Tratamentos para a manutenção da qualidade

Frutas e hortaliças minimamente processadas são produtos que estão prontos para consumo. Isto implica que deveriam estar no pico de seu frescor e qualidade no momento da compra pelo consumidor, uma promessa difícil de se cumprir, dada a diversidade de condições existentes entre o processamento mínimo e o consumo. Para manter a qualidade desses produtos em condições aceitáveis, diferentes tratamentos têm sido desenvolvidos, enfocando alterações na aparência, na textura, no aroma, no sabor e no nível nutricional. Tratamentos para reduzir o escurecimento e a perda de textura em produtos minimamente processados foram revisados por Garcia e Barret (2002). Assim como vários outros aspectos relacionados com a fisiologia e o manuseio de frutas e hortaliças minimamente processadas, o manejo adequado da temperatura é a primeira linha de proteção contra a perda de qualidade.

6.1 Tratamentos térmicos

Rápidas exposições a temperaturas entre 40°C e 60°C podem redirecionar o metabolismo vegetal para a produção de proteínas de choque térmico, as quais podem, em alguns casos, prevenir a ocorrência de processos metabólicos indesejáveis. Por exemplo, a síntese induzida por estresses de enzimas do metabolismo dos compostos fenilpropanóides pode ser prevenida por um choque térmico rápido (imersão em água a 45°C por noventa segundos) após o processamento mínimo (SALTVEIT, 2000).

O tecido submetido ao estresse de calor sintetiza proteínas de choque térmico inócuas, ao invés de enzimas do metabolismo de fenólicos. Quando o tecido se recupera do choque térmico, o sinal gerado pelo estresse já se dissipou

e não há mais indução para enzimas do metabolismo de fenólicos. A técnica é muito efetiva para prevenir o escurecimento em tecidos vegetais que possuem níveis constitutivos baixos de compostos fenólicos (por exemplo, alface e salsa), mas é ineficiente em tecidos que possuem altos níveis de compostos fenólicos, como batatas e alcachofra.

Choques térmicos podem, de forma similar, prevenir o amolecimento enzimático dos tecidos. Choques térmicos amenos (45°C por duas horas e quinze minutos) em frutos intactos antes do corte contribuíram para a retenção da firmeza durante o armazenamento por vinte e um dias a 2°C (KIM *et al.*, 1994). Quando melões foram mergulhados por um minuto em solução de CaCl₂ a 2%, a 20°C, 40°C e 60°C, a firmeza do tecido minimamente processado foi mantida ou melhorada durante o armazenamento subsequente a 5°C, especialmente quando sob temperaturas mais elevadas (LUNA-GUZMAN *et al.*, 1999).

6.2 Irradiação

A irradiação tem o potencial de eliminar formas vegetativas de bactérias e de parasitas, além de estender a vida de prateleira (CHERVIN e BOISSEAU, 1994; FARKAS *et al.*, 1997; HAGENMAIER e BAKER, 1997,1998; GUNES *et al.*, 2000; PRAKASH *et al.*, 2000; MOLINS *et al.*, 2001; FOLEY *et al.*, 2002). Entretanto, doses de irradiação requeridas para eliminar alguns microorganismos podem causar perda de vitamina C, alterações na textura (GUNES *et al.*, 2001) e escurecimento enzimático (HANOTEL *et al.*, 1995) em alguns tecidos de frutas e hortaliças. Níveis de irradiação de 1,5 kGy a 2,0 kGy são necessários para destruir fungos e bolores, que podem persistir no tecido na forma de esporos. Todavia, tais níveis podem causar danos aos tecidos (KADER, 1986; BRACKETT, 1987).

6.3 Inibidores de escurecimento

A polifenoloxidase, enzima que catalisa a formação de ortoquinonas a partir de ortofenóis, evento que marca o início da seqüência de reações que levam à polimerização e à formação de pigmentos fenólicos de coloração escurecida em frutas e hortaliças, tem um pH ótimo, variando entre 6 e 6,5, mostrando baixa atividade abaixo de pH 4,5 (WHITAKER, 1994). A maioria dos tratamentos químicos usados para prevenir o escurecimento contém um acidulante, usualmente ácido cítrico, como componente responsável por baixar o pH e inibir a atividade da polifenoloxidase.

Como o escurecimento envolve reações de oxidação, outra estratégia para inibir o escurecimento é a adição de compostos químicos que funcionam como agentes redutores. Os agentes redutores, mais comumente ácido ascórbico ou seu isômero, ácido eritórbito, podem reduzir as ortoquinonas de volta a ortodifenóis, prevenindo assim a formação do pigmento de coloração escurecida. Todavia, por serem consumidos no processo, os agentes redutores têm capacidade finita de inibir o escurecimento.

A cisteína é um aminoácido sulfurado que, por possuir o grupamento tiol, também inibe o escurecimento enzimático, atuando provavelmente por diversos mecanismos: redução da ortoquinona a ortodihidroilfenol, inibição direta da polifenoloxidase ou formação de uma cisquinona sem coloração (BEAULIEU e GORNY, 2002). Os ácidos ascórbico e eritórbico também atuam como antioxidantes. A polifenoloxidase possui o íon metálico cobre como componente de seu sítio ativo, e agentes quelantes como o ácido etilenodiamino tetracético (EDTA) podem remover o cobre, inibindo assim a atividade da polifenoloxidase.

6.4 Agentes que promovem a firmeza

Mudanças texturais em frutas e hortaliças minimamente processadas são minimizadas a baixas temperaturas. Assim, o correto manejo da temperatura é o primeiro passo para a manutenção da qualidade textural inicial desses produtos. Soluções aquosas de sais de cálcio por imersão ou via “spray” têm sido aplicadas há muito tempo para controlar desordens pós-colheita durante o armazenamento e para manter a firmeza dos tecidos de frutas e hortaliças frescas. A aplicação de sais de cálcio em kiwis, pêras, morangos, nectarinas, pêssegos e melões ajudam a manter a firmeza dos tecidos (MORRIS *et al.*, 1985; ROSEN e KADER, 1989; AGAR *et al.*, 1999; GORNY *et al.*, 1999, 2002; LUNA-GUZMAN *et al.*, 1999; LUNA-GUZMAN e BARRETT, 2000).

Acredita-se que os efeitos do cálcio na manutenção da firmeza dos tecidos estejam relacionados a seu duplo efeito de aumentar a rigidez estrutural da parede celular, ao promover a ligação cruzada de ésteres, e de preservar a integridade funcional e estrutural dos sistemas membranares (POOVAIAH, 1986). A aplicação de cálcio contribui para a manutenção da firmeza de repolho fatiado, por retardar as alterações senescentes nos lipídios da membrana celular e também por aumentar os processos de reestruturação das membranas (PICCHIONNI *et al.*, 1996).

A qualidade total de cenouras raladas (IZUMI e WATADA, 1994) e de fatias de abobrinha (IZUMI e WATADA, 1995) é melhorada pela aplicação de sais de cálcio. Tratamento com cálcio também reduz o crescimento microbiano em cenoura ralada (IZUMI e WATADA, 1994). O cloreto de cálcio é o sal mais amplamente usado, mas o lactato de cálcio é igualmente efetivo, embora, em concentrações mais elevadas, promova sabor mais amargo do que o cloreto de cálcio (LUNA-GUZMAN e BARRETT, 2000; GORNY *et al.*, 2002).

6.5 Revestimentos comestíveis

Os revestimentos comestíveis foram formulados para prolongar a vida de prateleira e manter a qualidade de frutas e hortaliças minimamente processadas (BALDWIN *et al.*, 1996; LI e BARTH, 1998). Revestimentos comestíveis agem como barreiras à perda de água e trocas gasosas, criando assim atmosferas modificadas no interior dos tecidos, servindo também como veículo para outros compostos químicos (BALDWIN *et al.*, 1995a,b) (Figura 6).

Figura 6. Minicenouras tratadas com (acima) e sem (abaixo) revestimento comestível. (Foto: Celso L. Moretti)



A incorporação do agente redutor ácido ascórbico e dos antimicrobianos sorbato de potássio e benzoato de sódio num revestimento comestível em maçãs e batatas minimamente processadas aumentou a sua efetividade, quando comparada com a imersão em soluções aquosas (BALDWIN *et al.*, 1996). O ajuste do pH do revestimento comestível para 2,5 propiciou ótimo controle do escurecimento enzimático e da população microbiana.

O esbranquiçamento de cenouras minimamente processadas resulta de um fenômeno físico envolvendo a desidratação de resquícios celulares danificados na superfície do produto (CISNEROS-ZEVALLOS *et al.*, 1995). Métodos para controlar o esbranquiçamento em cenouras estão, portanto, concentrados nas modificações da superfície do segmento de raiz descascado (AVENA-BUSTILLOS *et al.*, 1994; CISNEROS-ZEVALLOS *et al.*, 1997).

Revestimentos comestíveis que aumentaram a resistência do vapor de água reduziram o esbranquiçamento em minicenouras (AVENA-BUSTILLOS *et al.*, 1993; SARGENT *et al.*, 1994). Uma emulsão ácida comestível de ácido esteárico e caseinato controlou o esbranquiçamento e em adição reduziu a respiração em 20%, quando comparada com o tecido que não sofreu o tratamento de revestimento (AVENA-BUSTILLOS *et al.*, 1994). Todavia, o esbranquiçamento também foi controlado por tratamentos que modificaram as propriedades higroscópicas da superfície e não deixaram resíduo protéico (CISNEROS-ZEVALLOS *et al.*, 1997).

A manutenção da alta umidade relativa ao redor do produto e o armazenamento a baixas temperaturas são medidas de controle efetivas, mas essas medidas não têm efetividade residual quando a embalagem é aberta. Um processo de descascamento que não deixasse restos na superfície da raiz evitaria o esbranquiçamento e eliminaria o problema. O polimento de pedaços de cenoura ou a digestão enzimática poderiam eliminar a formação de células danificadas na superfície das raízes, resultando em um produto liso com superfície uniforme.

Está cada vez mais claro que nenhum tratamento isoladamente, seja atmosfera modificada, acidulantes, agentes redutores ou sais de cálcio, é completamente eficaz na redução do escurecimento enzimático e na manutenção da firmeza. Combinações desses métodos são as formas mais efetivas de manutenção da qualidade de frutas e hortaliças minimamente processadas (TAPIA DEDAZA *et al.*, 1996; GONZALEZ-AGUILAR *et al.*, 2000; GORNY *et al.*, 2002). Neste caso, os revestimentos comestíveis se prestam muito bem. Todavia, a inclusão de substâncias potencialmente alergênicas em revestimentos comestíveis e a necessidade, em alguns países, de rotular o produto como contendo “compostos químicos artificiais” pode prejudicar a sua utilização em frutas e hortaliças minimamente processadas.

7. Conclusões

Embora as frutas e hortaliças minimamente processadas estejam sendo rapidamente introduzidas e comercializadas em diversas partes do mundo, o conhecimento sobre como os processos metabólicos básicos são afetados ainda está defasado. Tecidos danificados sofrem acelerada deterioração e senescência. Minimizar as conseqüências negativas do estresse mecânico em frutas e hortaliças minimamente processadas resulta no aumento da vida de prateleira e na manutenção, por mais tempo, da qualidade nutricional, da aparência e do sabor desses produtos.

Embora os efeitos da preservação pelo calor e pelo congelamento na perda de nutrientes em frutas e hortaliças estejam bem documentados, pouco se sabe sobre como essas perdas ocorrem em produtos minimamente processados. Técnicas pós-colheita emergentes para melhorar a qualidade de armazenamento de produtos minimamente processados são introduzidas numa freqüência que impede avaliações mais detalhadas dos atributos de qualidade sensorial e de mercado dos produtos. Não há conhecimento amplamente disponível acerca de como fatores pré- e pós-colheita afetam a qualidade de produtos minimamente processados por meio de mudanças nos níveis de fitormônios ou na sensibilidade dos tecidos, parede celular, membranas celulares e processos metabólicos-chaves.

Um esforço combinado de cientistas da área de pós-colheita é requerido para que se alcance melhor conhecimento dos mecanismos básicos de respostas de estresses em produtos minimamente processados, com enfoque mais efetivo no desenvolvimento de tratamentos e práticas de manuseio que minimizem as conseqüências negativas do processamento mínimo. Mais de cem frutas e hortaliças são ou podem ser minimamente processadas.

Existem diferentes linhas de ação e procedimentos que podem ser adotados para manter a qualidade de frutas e hortaliças minimamente processadas, enfocando os mais variados temas: seleção da matéria-prima, controle efetivo de temperatura, técnicas e equipamentos de corte, embalagens para controlar a perda de água e concentrações de gases respiratórios, absorvedores ou geradores

de compostos para manipular o nível de CO₂ e etileno, e calor ou irradiação para o controle de microorganismos. Outras ações abrangeriam: indução de mudanças metabólicas benéficas em tecidos de frutas e hortaliças, tratamentos químicos para controlar reações oxidativas e mudanças de textura e revestimentos comestíveis para controlar o movimento de água e compostos voláteis e também para servir como veículo de compostos antimicrobianos e prevenir o escurecimento enzimático. Há também óbvia necessidade de colaboração coordenada entre horticultores, fisiologistas pós-colheita, engenheiros, cientistas de alimentos, fitopatologistas e microbiologistas, na busca de soluções para os diversos problemas do setor.

8. Referências bibliográficas

ABE, K.; WATADA, A. E. Ethylene absorbent to maintain quality of lightly processed fruits and vegetables. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 56, n. 6, p. 1589-1592, Nov./Dec. 1991.

ABELES, F. B.; MORGAN, P. W.; SALTVEIT, M. E. **Ethylene in plant biology**. 2nd ed. San Diego: Academic Press, 1992. 414 p.

ABUSHITA, A. A.; DAOOD, H. G.; BIACS, P. A. Change in carotenoids and antioxidant vitamins in tomato as a function of varietal and technological factors. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, p. 2075-2081, 2000.

AGAR, I. T.; MASSANTINI, B.; HESS, B.; KADER, A. A. Postharvest CO₂ and ethylene production and quality maintenance of fresh-cut kiwifruit slices. **Journal of Food Science**, v. 64, p. 433-440, 1999.

AGAR, I. T.; STREIF, J.; BANGERTH, F. Effect of high CO₂ and controlled atmosphere (CA) on the ascorbic and dehydroascorbic acid content of some berry fruits. **Postharvest Biology and Technology**, v. 11, p. 47-55, 1997.

ALBRECHT, J. A.; SCHAFFER, H. W.; ZOTTOLA, E. A. Sulfhydryl and ascorbic acid relationship in selected vegetables and fruits. **Journal of Food Science**, v. 56, p. 427-430, 1991.

ARTES, F.; CONESA, M. A.; HERNANDEZ, S.; GIL, M. I. Keeping quality of fresh-cut tomato. **Postharvest Biology and Technology**, v. 17, p. 153-162, 1999.

AVENA-BUSTILLOS, R. J.; CISNEROS-ZEVALLOS, L. A.; KROCHTA, J. M.; SALTVEIT, M. E. Optimization of edible coatings on minimally processed carrots to reduce white blush using response surface methodology. **Transactions of the American Society for Agricultural Engineering**, St. Joseph, v. 36, n. 3, p. 801-805, May/June 1993.

AVENA-BUSTILLOS, R. J.; CISNEROS-ZEVALLOS, L. A.; KROCHTA, J. M.; SALTVEIT, M. E. Application of casein-lipid edible film emulsions to reduce white

blush on minimally processed carrots. **Postharvest Biology and Technology**, v. 4, p. 319-329, 1994.

AVENA-BUSTILLOS, R. J.; KROCHTA, J. M.; SALTVEIT, M. E. Water vapor resistance of 'Red Delicious' apples and celery sticks coated with edible caseinate-acetylated monoglyceride films. **Journal of Food Science**, v. 62, p. 351-354, 1997.

BABIC, I.; AMIOT, M. J.; NGUYEN-THE, C.; AUBERT, D. S. Changes in phenolic content in fresh ready-to-use shredded carrots during storage. **Journal of Food Science**, v. 58, p. 351-356, 1993a.

BABIC, I.; AMIOT, M. J.; NGUYEN-THE, C.; AUBERT, D. S. Accumulation of chlorogenic acid in shredded carrots during storage in an oriented polypropylene film. **Journal of Food Science**, v. 58, p. 840-841, 1993b.

BAI, J. H.; SAFTNER, R. A.; WATADA, A. E.; LEE, Y. S. Modified atmosphere maintains quality of fresh-cut cantaloupe (*Cucumis melo* L.). **Journal of Food Science**, v. 66, p. 1207-1211, 2001.

BAKER R. A.; HAGENMAIER, R. D. Reduction of fluid loss from grapefruit segments with wax microemulsion coatings. **Journal of Food Science**, v. 62, p. 789-792, 1997.

BALDWIN, E. A. Fruit and vegetable flavor. In: GROSS, K. C.; WANG, C. Y.; SALTVEIT, M. A. (Ed.). **Handling, transportation and storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stock**. Washington, D.C.: United States Department of Agriculture, 2002. (**Agricultural Handbook, 66**). Disponível em: <<http://www.ba.ars.usda.gov/hb66/index.html>>. Acesso em: 25 abr. 2003.

BALDWIN, E. A.; BURNS, J. K.; KAZOKAS, W.; BRECHT, J. K. Effect of coating on mango (*Mangifera indica* L.) flavor. **Proceedings of Florida State Horticultural Society**, v. 111, p. 247-250, 1998.

BALDWIN, E. A.; NISPEROS-CARRIEDO, M. O.; BAKER, R. A. Edible coatings for lightly processed fruits and vegetables. **HortScience**, v. 30, p. 35-38, 1995a.

BALDWIN, E. A.; NISPEROS-CARRIEDO, M. O.; BAKER, R. A. Use of edible coatings to preserve quality of lightly (and slightly) processed products. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 35, p. 509-524, 1995b.

BALDWIN, E. A.; NISPEROS-CARRIEDO, M. O.; CHEN, X.; HAGENMAIER, R. D. Improving storage life of cut apple and potato with edible coating. **Postharvest Biology and Technology**, v. 9, p. 151-163, 1996.

BARKAI-GOLAN, R. **Postharvest diseases of fruits and vegetables**. Amsterdam: Elsevier, 2001. 468 p.

BARRY-RYAN, C.; O'BEIRNE, D. O. Ascorbic acid retention in shredded iceberg lettuce as affected by minimal processing. **Journal of Food Science**, v. 64, p. 498-500, 1999.

BARTH, M. M.; KERBEL, E. L.; PERRY, A. K.; SCHMIDT, S. J. Modified atmosphere packaging affects ascorbic acid, enzyme activity and market quality of broccoli. **Journal of Food Science**, v. 58, p. 140-143, 1993.

BARTH, M. M.; PERRY, A. K.; SCHMIDT, S. J.; KLEIN, B. P. Misting effects on ascorbic acid retention in broccoli during cabinet display. **Journal of Food Science**, v. 55, p. 1187-1188, 1990.

BARTH, M. M.; ZHUANG, H. Packaging design affects antioxidant vitamin retention and quality of broccoli florets during postharvest storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 9, p. 141-150, 1996.

BARTLETT, P. N.; ELLIOTT, J. M.; GARDNER, J. W. Electronic noses and their application in the food industry. **Food Technology**, v. 51, n. 12, p. 44-48, 1997.

BEAULIEU, J. C.; BALDWIN, E. A. Flavor and aroma of fresh-cut fruits and vegetables. In: LAMIKANRA, O (Ed.). **Fresh-cut fruits and vegetables: science, technology, and market**. Boca Raton: CRC Press, 2002. p. 391-425.

BEAULIEU, J.C.; GORNY, J. R. Fresh-cut fruits. In: GROSS, K. C.; WANG, C. Y.; SALTVEIT, M. E. (Eds.). **Handling, transportation and storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stock**. Washington, D.C.: United States Department of Agriculture, 2002. (**Agricultural Handbook, 66**). Disponível em: <<http://www.ba.ars.usda.gov/hb66/index.html>>. Acesso: em 25 abr. 2003.

BIACS, P. A.; DAOOD, H. G. Lipxygenase-catalysed degradation of carotenoids from tomato in the presence of antioxidant vitamins. **Biochemical Society Transactions**, v. 28, p. 839-845, 2000.

BIACS, P. A.; DAOOD, H. G.; KADAR, I. Effect of Mo, Se, Zn, and Cr treatments on the yield, element concentration, and carotenoid content of carrot. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 43, p. 589-591, 1995.

BLANCHARD, M.; CAISTAINGNE, F.; WILLEMOT, C.; MAKHLOUF, J. Modified atmosphere preservation of freshly prepared diced yellow onions. **Postharvest Biology and Technology**, v. 9, p.173-185, 1996.

BLOCK, G.; LANGSETH, L. Antioxidant vitamins and disease prevention. **Food Technology**, v. 48, n. 7, p. 80-84, 1994.

BOLIN, H. R.; HUXSOLL, C. C. Effect of preparation procedures and storage parameters on quality retention of salad-cut lettuce. **Journal of Food Science**, v. 56, p. 60-62, 67, 1991.

BOLIN, H. R.; STAFFORD, A. E.; KING JR., A. D.; HUXSOLL, C. C. Factors affecting the storage stability of shredded lettuce. **Journal of Food Science**, v. 42, p. 1319-1321, 1997.

BOUKOBZA, F.; TAYLOR, A. J. Effect of postharvest treatments on flavour volatiles of tomatoes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 25, p. 321-331, 2002.

BRACKETT, R. E. Microbiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. **Journal of Food Quality**, v. 10, p. 195-206, 1987.

BRADLEY, G. A.; RHODES, B. B. Carotenes, xanthophylls and color in carrot varieties and lines as affected by growing temperatures. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 94, p. 63-65, 1969.

BRECHT, J. K. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. **HortScience**, Alexandria, v. 30, n. 1, p. 18-22, 1995.

BRUYNE, T.; PIETERS, L.; DEELSTRA, H.; VLIETINCK, A. Condensed vegetable tannins: Biodiversity in structure and biological activities. **Biochemical Systematics Ecology**, v. 27, p. 445-459, 1999.

BURTON, W. G. **The potato**. Wageningen: Veenman and Zonen, 1966. 643 p.

BURTON, W. G. **Postharvest physiology of food crops**. London: Longman, 1982. 289 p.

BUTA, J. G.; MOLINE, H. E.; SPAULDING, D. W.; WANG, C. Y. Extending storage life of fresh-cut apples using natural products and their derivatives. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 47, p. 1-6, 1999.

BUTTERY, R. G.; TERANISHI, R.; LING, L. C. Fresh tomato aroma volatiles - A quantitative study. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 35, p. 540-544, 1987.

CAMERON, A. C.; TALASILA, P. C.; JOLLES, D. W. Predicting film permeability needs for modified-atmosphere packaging of lightly processed fruits and vegetables. **HortScience**, Alexandria, v. 30, n. 1, p. 25-34, Feb. 1995.

CANTWELL, M.; SUSLOW, T. V. Postharvest handling systems: fresh-cut fruits and vegetables. In: KADER, A. A. **Postharvest technology of horticultural crops**. 3 ed. Oakland: University of California, Division of Agriculture and Natural Research, 2002. p. 445-463 (Publication 3311).

CAO, G.; SOFIC, E.; PRIOR, R. L. Antioxidant capacity of tea and common vegetables. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 44, p. 3426-3431, 1996.

CARTAXO, C. B. C.; SARGENT, S. A.; HUBER, D. J.; LIN, C. M. Controlled atmosphere storage suppresses microbial growth on fresh-cut watermelon. **Proceedings of Florida State Horticultural Society**, v. 110, p. 252-257, 1997.

CASELLA, L.; MONZANI, E.; SANTAGOSTINI, L.; GIOIA, L.; GULLOTTI, M.; FANTUCCI, P.; BERINGHELLI, T.; MARCHESINI, A. Inhibitor binding studies on ascorbate oxidase. **Coordination Chemical Reviews**, v. 185/186, p. 619-628, 1999.

CHANG, S.; TAN, C.; FRANKEL, E. N.; BARRETT, D. M. Low-density lipoprotein antioxidant activity of phenolic compounds and polyphenol oxidase activity in selected clingstone peach cultivars. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, p. 147-151, 2000.

CHERVIN, C.; BOISSEAU, P. Quality maintenance of "ready-to-eat" shredded carrots by gamma irradiation. **Journal of Food Science**, v. 59, p. 359-361, 1994.

CISNEROS-ZEVALLOS, L. A.; SALTVEIT, M. E.; KROCHTA, J. M. Mechanism of surface white discoloration of peeled (minimally processed) carrots during storage. **Journal of Food Science**, v. 60, p. 320-323, 333, 1995.

CISNEROS-ZEVALLOS, L. A.; SALTVEIT, M. E.; KROCHTA, J. M. Hygroscopic coatings control surface white discoloration of peeled (minimally processed) carrots during storage. **Journal of Food Science**, v. 62, p.363-366, 1997.

CLEVIDENCE, B.; PAETAU, I.; SMITH, J. C. Bioavailability of carotenoids from vegetables. **HortScience**, v. 35, p. 585-588, 2000.

COSTA, M. A. C.; BRECHT, J. K.; SARGENT, S. A.; HUBER, D. J. Tolerance of snap beans to elevated CO₂ levels. **Proceedings of Florida State Horticultural Society**, v. 107, p. 271-273,² 1994.

COUTURE, R.; CANTWELL, M. I.; KE, D.; SALTVEIT, M. E. Physiological attributes related to quality attributes and storage life of minimally processed lettuce. **HortScience**, v. 28, p. 723-725, 1993.

DE WHALLEY, C. V.; RANKIN, S. M.; HOULT, J. R. S.; JESSUP, W.; LEAKE, D. S. Flavonoids inhibit the oxidative modification of low density lipoproteins by macrophages. **Biochemical Pharmacology**, v. 39, p. 1743-1750, 1990.

DECHARNEUX, T.; DUBOIS, F.; BEAULOYE, C.; WARRIAUX-DE CONINCK, S.; WATTIAUX, R. Effect of various flavonoids on lysosomes subjected to an oxidative or an osmotic stress. **Biochemical Pharmacology**, v. 44, p. 1243-1248, 1992.

DEMIR, N. **Objective quality assessment of modified atmosphere stored Zucchini squash slices using electronic nose, machine vision and instron**. 2002. 137 f. Thesis. (Ph.D. in Food Science) – University of Florida, Gainesville, 2002.

DESCHENE, A.; PALIYATH, G.; LOUGHHEED, E. C.; DUMBROFF, E. B.; THOMPSON, J. E. Membrane deterioration during postharvest senescence of broccoli florets: modulation by temperature and controlled atmosphere storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 1, p. 19-31, 1991.

DIXON, R. A.; PAIVA, N. L. Stress-induced phenylpropanoid metabolism. **Plant Cell**, v. 7, p. 1085-1097, 1995.

DORANTES-ALVAREZ, L.; CHIRALT, A. Color of minimally processed fruits and vegetables as affected by some chemical and biochemical changes. In: ALZAMORA, S. M.; TAPIA, M. S.; LOPEZ-MALO, A. (Ed.). **Minimally processed fruits and vegetables**. Gaithersburg: Aspen Publishers, 2000. p. 111-126.

DRAKE, S. R.; SPAYD, S. E. Influence of calcium treatment on 'Golden Delicious' apple quality. **Journal of Food Science**, v. 48, p. 403, 1983.

DURIGAN, J. F.; SARGENT, S. A.; SIMS, C. A.; WEI, C. I.; BRECHT, J. K. Storage characteristics of fresh-cut watermelon. **Proceedings of the Interamerican Society of Tropical Horticulture**, v. 40, p. 277-283, 1996.

DYER, W. E.; HENSTRAND, J. M.; HANDA, A. K.; HERRMANN, K. M. Wound induces the first enzyme of the shikimate pathway in Solanaceae. **Proceedings of the National Academy of Sciences, USA**, v. 84, p. 5202-5206, 1989.

EHLENFELDT, M. K.; PRIOR, R. L. Oxygen radical absorbance capacity (ORAC) and phenolic and anthocyanin concentrations in fruit and leaf tissues of highbush blueberry. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, p. 2222-2227, 2001.

ELLIOTT, J. G. Application of antioxidant vitamins in foods and beverages. **Food Technology**, v. 53, n. 2, p. 46-48, 1999.

EVENSEN, K. B. Calcium effects on ethylene and ethane production and 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid content in potato disks. **Physiologia Plantarum**, v. 60, p. 125-128, 1984.

FARKAS, J.; SARAY, T.; MOHACSI-FARKAS, C.; HORTI, C.; ANDRASSY, E. Effects of low-dose gamma irradiation on shelf life and microbiological safety of precut/prepared vegetables. **Advanced in Food Science**, v. 19, p. 111-119, 1997.

FERRERES, F.; GIL, M. I.; CASTANER, M.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A. Phenolic metabolites in red pigmented lettuce (*Lactuca sativa*). Changes with minimal processing and cold storage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, p. 4249-4254, 1997.

FISCHER, R. L.; BENNETT, A. B. Role of cell wall hydrolases in fruit ripening. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 42, p. 675-703, 1991.

FOLEY, D. M.; DUFOUR, A.; RODRIGUEZ, L.; CAPORASO, F.; PRAKASH, A.. Reduction of *Escherichia coli* 0157:H7 in shredded iceberg lettuce by chlorination and gamma irradiation. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 63, p. 391-396, 2002.

FORNEY, C. F.; LIPTON, W. J. Influence of controlled atmospheres and packaging on chilling sensitivity. In: WANG, C.Y (Ed.). **Chilling injury of horticultural crops**. Boca Raton: CRC Press, 1990. p. 257-267.

GAFFNEY, J. J.; BAIRD, C. D.; CHAU, K. V. Influence of airflow rate, respiration, evaporative cooling, and other factors affecting weight loss calculations for fresh fruits and vegetables. **Transactions of the American Society of Heating, Refrigeration and Airconditioning**, England, v. 91, p. 690-707, 1985.

GARCIA, E.; BARRETT, D. M. Preservative treatments for fresh-cut fruits and vegetables. In: LAMIKANRA, O. (Ed.). **Fresh-cut fruits and vegetables: science, technology, and market**. Boca Raton: CRC Press, 2002. p. 267-303.

GARCIA-CLOSAS, R.; AGUDO, A.; GONZALEZ, C. A.; RIBOLI, E. Intake of specific carotenoids and flavonoids and the risk of lung cancer in women in Barcelona, Spain, **Nutrition and Cancer**, v. 32, p. 154-158, 1998.

GARDNER, H. W. How the lipoxygenase pathway affects the organoleptic properties of fresh fruit and vegetables. In: MIN, D. B.; SMOUSE, T. H. (Ed.). **Flavor chemistry of lipid foods**. Champaign: American Oil Chemist Society, 1989. p. 98-112.

GARG, N.; CHUREY, J. J.; SPLITTSTOESSER, D. F. Effect of processing conditions on the microflora of fresh-cut vegetables. **Journal of Food Protection**, v. 53, p. 701-703, 1990.

GAZIANO, J. M.; HENNEKENS, C. H. The role of beta-carotene in the prevention of cardiovascular disease. In: CANFIELD, L. M.; KRINSKY, N. I.; OLSO, J. A. (Ed.). **Carotenoids in human health**. New York: New York Academy of Science, 1993. p. 148-155.

GERSHOFF, S. N. Vitamin C (ascorbic acid): New roles, new requirements? **Nutrition Reviews**, v. 51, p. 313-326, 1993.

GIESE, J. Electronic noses. **Food Technology**, v. 54, n. 3, p. 96-100, 2000.

GIL, M. I.; CASTANER, M.; FERRERES, F.; ARTES, F.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A. Modified-atmosphere packaging of minimally processed 'Lollo Rosso' (*Lactuca sativa*) – Phenolic metabolites and quality changes. **Zun Lebensmittel Untersbund Forschesch**, v. 206, p. 350-354, 1998a.

GIL, M. I.; FERRERES, F.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A. Effect of modified atmosphere packaging on the flavonoids and vitamin C content of minimally processed Swiss

chard (*Beta vulgaris* subsp. *cykla*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, p. 2007-2012, 1998b.

GIL, M. I.; FERRERES, F.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A. Effect of postharvest storage and processing on the antioxidant constituents (flavonoids and vitamin C) of fresh-cut spinach. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 47, p. 2213-2217, 1999.

GIL, M. I.; HOLCROFT, D. M.; KADER, A. A. Changes in strawberry anthocyanins and other polyphenols in response to carbon dioxide treatments. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, p. 1662-1667, 1997.

GODDARD, M. S.; MATTHEWS, R. H. Contribution of fruits and vegetables to human nutrition. **HortScience**, v.14, p. 245-247, 1979.

GONZALEZ-AGUILAR, G. A.; WANG, C.Y.; BUTA, J. G. Maintaining quality of fresh-cut mangoes using antibrowning agents and modified atmosphere packaging. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, p. 4204-4208, 2000.

GORNY, J. R. A summary of CA and MA requirements and recommendations for fresh-cut (minimally processed) fruits and vegetables. In: University of California at Davis, **Postharvest Technology**. Fresh-cut products: maintaining quality and safety, 22A, 2000. p. 95-145.

GORNY J. R.; CIFUENTES, R. A.; HESS-PIERCE, B.; KADER, A. A. Quality changes in fresh-cut pear slices as affected by cultivar, ripeness stage, fruit size, and storage regime. **Journal of Food Science**, v. 65, p. 541-544, 2000.

GORNY J. R.; HESS-PIERCE, B.; CIFUENTES, R. A.; KADER, A. A. Quality changes in fresh-cut pear slices as affected by controlled atmospheres and chemical preservatives. **Postharvest Biology and Technology**, v. 24, p. 271-278, 2002.

GORNY, J. R.; HESS-PIERCE, B.; KADER, A. A. Effects of fruit ripeness and storage temperature on the deterioration rate of fresh-cut peach and nectarine slices. **HortScience**, v. 33, p. 110-113, 1998.

GORNY, J. R.; HESS-PIERCE, B.; KADER, A. A. Quality changes in fresh-cut peach and nectarine slices as affected by cultivar, storage atmosphere and chemical treatments. **Journal of Food Science**, v. 64, p. 429-432, 1999.

GUNES, G.; HOTCHKISS, J. H.; WATKINS, C. B. Effects of gamma irradiation on the texture of minimally processed apple slices. **Journal of Food Science**, v. 66, p. 63-67, 2001.

GUNES, G.; WATKINS, C. B.; HOTCHKISS, J. H. Effects of irradiation on respiration and ethylene production of apple slices **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 80, p. 1169-1175, 2000.

HAGENMAIER, R. D.; BAKER, R. A. Low-dose irradiation of cut iceberg lettuce in modified atmosphere packaging. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, p. 2864-2868, 1997.

HAGENMAIER, R. D.; BAKER, R. A. Microbial population of shredded carrot in modified atmosphere packaging as related to irradiation treatment. **Journal of Food Science**, v. 63, p. 162-164, 1998.

HANOTEL, L.; FLEURIET, A.; BOISSEAU, P. Biochemical changes involved in browning of gamma-irradiated cut Witloof chicory. **Postharvest Biology and Technology**, v. 5, p. 199-210, 1995.

HANSCH, P. E.; BOYNTON, B. Heritability of enzymatic browning in peaches. **HortScience**, v. 21, p. 1195-1197, 1986.

HANSON, K. R.; HAVIR, E. A. An introduction to the enzymology of phenylpropanoid biosynthesis. In: SWAIN, T.; HARBONE, J. B.; SUMERE, C. F. (Ed.). **The biochemistry of plant phenolics**. New York: Plenum Press, 1979. p. 91-138.

HEATON, J. W.; MARANGONI, A. G. Chlorophyll degradation in processed foods and plant tissues. **Trends in Food Science and Technology**, v. 7, p. 8-15, 1996.

HEATON, J. W.; YADA, R. Y.; MARANGONI, A. G. Discoloration of coleslaw is caused by chlorophyll degradation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 44, p. 395-398, 1996.

HEINONEN, M. I. Carotenoids and provitamin A activity of carrot (*Daucus carota* L.) cultivars. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 38, p. 609-612, 1990.

HERTOG, M. G. L.; FESKENS, E.; HOLLMAN, P. C. H.; KATAN, M. B.; KROMHOUT, D. Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease: The Zutphen elderly study. **Lancet**, v. 342, p. 1007-1011, 1993.

HO, C. T. Phenolic compounds in food: an overview. In: HO, C. T., LEE, C. Y., HUANG, M. T. **Phenolic compounds in food and their effects on health: antioxidants and cancer prevention**. Washington: American Chemical Society, 1992. p. 2-7. (ACS Symposium Series, n. 506).

HOLCROFT, D. M.; GIL, M. I.; KADER, A. A. Effect of carbon dioxide on anthocyanins, phenylalanine ammonia lyase and glucosyltransferase in the arils of stored pomegranates. **Journal of the American Society for Horticultural Sciences**, v. 123, p. 136-140, 1998.

HOLCROFT, D. M.; KADER, A. A. Carbon dioxide-induced changes in color and anthocyanin synthesis of stored strawberry fruit. **HortScience**, v. 34, p. 1244-1248, 1999.

HOLLEY, S. L.; EDWARDS, C. G.; THORNGATE, J. H.; FELLMAN, J. K.; MATIINSON, D. S.; SORENSEN, E. J.; DOUGHERTY, R. H. Chemical characterization of different lines of *Daucus carota* L. roots. **Journal of Food Quality**, v. 23, p. 487-502, 2000.

HONG, J. H.; GROSS, K. C. Involvement of ethylene in development of chilling injury in fresh-cut tomato slices during cold storage. **Journal of the American Society for Horticultural Sciences**, v. 125, p. 736-741, 2000.

HONG, J. H.; GROSS, K. C. Maintaining quality of fresh-cut tomato slices through modified atmosphere packaging and low temperature storage. **Journal of Food Science**, v. 66, p. 960-965, 2001.

HOWARD, L. R.; DEWI, T. Minimal processing and edible coating effects on the composition and sensory quality of mini-peeled carrots. **Journal of Food Science**, v. 61, p. 643-645, 651, 1996.

HOWARD, L. R.; GRIFFIN, L. E.; LEE, Y. Steam treatment of minimally processed carrot sticks to control surface discoloration. **Journal of Food Science**, v. 59, p. 356-358, 370, 1994.

HOWARD, L. R.; HERNANDEZ-BRENES, C. Antioxidant content and market quality of jalapeno pepper rings as affected by minimal processing and modified atmosphere packaging. **Journal of Food Quality**, v. 21, p. 317-327, 1998.

HUBER, D. J. The role of cell wall hydrolases in fruit softening. **Horticultural Reviews**, v. 5, p. 169-219, 1983.

HURST, W. C. Sanitation of lightly processed fruits and vegetables. **HortScience**, v. 30, p. 22-24, 1995.

HYODO, H.; FUJINAMI, H. The effects of 2,5-norbornadiene on the induction of activity of phenylalanine ammonia-lyase in wounded mesocarp tissue of *Cucurbita maxima*. **Plant Cell Physiology**, v. 30, p. 857-860, 1989.

IZUMI, H.; WATADA, A. E. Calcium treatments affect storage quality of shredded carrots. **Journal of Food Science**, v. 59, p. 106-109, 1994.

IZUMI, H.; WATADA, A. E. Calcium treatment to maintain quality of zucchini squash slices. **Journal of Food Science**, v. 60, p. 789-793, 1995.

IZUMI, H.; WATADA, A. E.; DOUGLAS, W. Low O₂ atmospheres affect storage quality of zucchini squash slices treated with calcium. **Journal of Food Science**, v. 61, p. 317-321, 1996.

JACKMAN, R. L.; YADA, R. Y.; MARANGONI, A.; PARKIN, K. L.; STANLEY, D. W. Chilling injury. A review of quality aspects. **Journal of Food Quality**, v. 11, p. 253-278, 1989.

JACXSENS, L.; DEVLIEGHERE, F.; DEBEVERE, J. Predictive modelling for packaging design: equilibrium modified atmosphere packages of fresh-cut vegetables subjected to a simulated distribution chain. **International Journal of Food Microbiology**, v. 73, p. 331-341, 2002.

JIANG, Y. M.; FU, J. R. Postharvest browning of litchi fruit by water loss and its prevention by controlled atmosphere storage at high relative humidity. **Lebensmittel Wissmarch Utrech Technologisch**, v. 32, p. 278-283, 1999.

KABUKI, T.; NAKAJIMA, H.; ARAI, M.; UEDA, S.; KUWABARA, Y.; DOSAKO, S. Characterization of novel antimicrobial compounds from mango (*Mangifera indica* L.) kernel seeds. **Food Chemistry**, v. 71, p. 61-66, 2000.

KADER, A. A. Ethylene-induced senescence and physiological disorders in harvested horticultural crops. **HortScience**, v. 20, p. 54-57, 1985.

KADER, A. A. Potential application of ionizing radiation in postharvest handling of fresh fruits and vegetables. **Food Technology**, v. 40, n. 6, p. 117-121, 1986.

KADER, A. A. Quality parameters of fresh-cut fruit and vegetable products. In: LAMIKANRA, O. (Ed.). **Fresh-cut fruits and vegetables: science, technology, and market**. Boca Raton: CRC Press, 2002. p. 11-20.

KADER, A. A.; BEN-YEHOSHUA, S. Effects of superatmospheric oxygen levels on postharvest physiology and quality of fresh fruits and vegetables, **Postharvest Biology and Technology**, v. 20, p. 1-13, 2000.

KADER, A. A.; MORRIS, L. L.; STEVENS, M. A.; ALBRIGHT HOLTON, M. Composition and flavor quality of fresh market tomatoes as influenced by some postharvest handling procedures. **Journal of the American Society for Horticultural Sciences**, v. 103, p. 6-13, 1978.

KADER, A. A.; SALTVEIT, M. E. Atmosphere modification. In: BARTZ, J. A.; BRECHT, J. K. (Ed.). **Postharvest physiology and pathology of vegetables**. New York: Marcel Dekker, 2003. p. 229-246.

KALT, W.; FORNEY, C. F.; MARTIN, A.; PRIOR, R. L. Antioxidant capacity, vitamin C, phenolics, and anthocyanins after fresh storage of small fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 47, p. 4638-4644, 1999.

KANG, J. S.; LEE, D. S. Susceptibility of minimally processed green pepper and cucumber to chilling injury as observed by apparent respiration rate. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 32, p. 421-426, 1997.

KE, D. Y.; SALTVEIT, M. E. Wound-induced ethylene production, phenolic metabolism and susceptibility to russet spotting in iceberg lettuce. **Physiology Plantarum**, v. 76, p. 412-418, 1989.

KE, D. Y.; YAHIA, E.; HESS, B.; ZHOU, L.; KADER, A. A. Regulation of fermentative metabolism in avocado fruit under oxygen and carbon dioxide stresses. **Journal of the American Society for Horticultural Sciences**, v. 120, p. 481-490, 1995.

KE, D. Y.; YAHIA, E.; MATEOS, M.; KADER, A. A. Ethanol fermentation of Bartlett pears as influenced by ripening stage and atmospheric composition. **Journal of the American Society for Horticultural Sciences**, v. 119, p. 976-982, 1994.

KELI, S. O.; HERTOOG, M. G. L.; FESKENS, E. J. M.; KROMHOUT, D. Dietary flavonoids, antioxidant vitamins and incidence of stroke. **Archives of International Medicine**, v. 156, p. 637-642, 1996.

KIM, B. S.; KLIEBER, A. Quality maintenance of minimally processed Chinese cabbage with low temperature and citric acid dip. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 75, p. 31-36, 1997.

KIM, D. M.; SMITH, N. L.; LEE, C. Y. Quality of minimally processed apple slices from selected cultivars. **Journal of Food Science**, v. 58, p. 1115-1117; 1175, 1993.

KIM, D. M.; SMITH, N. L.; LEE, C. Y. Effect of heat treatment on firmness of apples and apple slices. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 18, p. 1-8, 1994.

KING, A. D.; BOLIN, H. R. Physiological and microbiological storage stability of minimally processed fruits and vegetables. **Food Technology**, v. 43, n. 2, p. 132-135; 139, 1989.

KLEIN, B. P. Nutritional consequences of minimal processing of fruits and vegetables. **Journal of Food Quality**, v. 10, p. 179-193, 1987.

KNEKT, P.; JARVINEN, R.; REUNANEN, A.; MAATELA, D. J. Flavonoid intake and coronary mortality in Finland: A cohort study. **British Medical Journal**, v. 312, p. 478-481, 1996.

KNEKT, P.; JARVINEN, R.; SEPPANEN, R.; HELIOVAARA, M.; TEPPONEN, L.; PUKKALA, E.; AROMAA, A. Dietary flavonoids and the risk of lung cancer and other malignant neoplasms. **American Journal of Epidemiology**, v. 146, p. 223-230, 1997.

KOL ATTUKUDY, P. E. Biochemistry and function of cutin and suberin. **Canadian Journal of Botany**, v. 62, p. 2918-2933. 1984.

LANGE, D. L.; KADER, A. A. Effects of elevated carbon dioxide on key mitochondrial respiratory enzymes in 'Hass' avocado fruit and fruit disks. **Journal of the American Society for Horticultural Sciences**, v. 122, p. 238-244. 1997a.

LANGHE, D. L.; KADER, A. A. Elevated carbon dioxide exposure alters intracellular pH and energy charge in avocado fruit tissue. **Journal of the American Society for Horticultural Sciences**, v. 122, p. 253-257, 1997b.

LANGERAK, D. I. The influence of irradiation and packaging on the keeping quality of prepared cut endive, chicory and onions. **Acta Alimentaria**, v. 4, p. 123-138, 1975.

LATIES, G. G. The development and control of respiratory pathways in slices of plant storage organs. In: KAHL, G. (Ed.). **Biochemistry of wounded tissues**. Berlin: Walter deGruyter & Co., 1978. p. 421-466

LAUGHTON, M. J.; EVANS, P. E.; MORONEY, M. A.; HOULT, J. R. S.; HALLIWELL, B. Inhibition of mammalian 5-lipoxygenase and cyclo-oxygenase by flavonoids and phenolic dietary additives. **Biochemistry and Pharmacology**, v. 42, p. 1673-1681, 1991.

LAURILA, E.; KERVINEN, R.; AHVENAINEN, R. The inhibition of enzymatic browning in minimally processed vegetables and fruits. **Postharvest News and Information**, Amsterdam, v. 9, n. 4, p. 53-66, Feb. 1998.

LEE, S. K.; KADER, A. A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. **Postharvest Biology and Technology**, v. 20, p. 201-220, 2000.

LEONARDI, C.; AMBROSINO, P.; ESPOSITO, F.; FOGLIANO, V. Antioxidative activity and carotenoid and tomatine contents in different typologies of fresh consumption tomatoes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, p. 4723-4727, 2000.

LEVY, A.; HAREL, S.; PALEVITCH, D.; AKIRI, B.; MENAGEM, E.; KANNER, J. Carotenoid pigments and **beta-carotene** in paprika fruits (*Capsicum* spp.) with different genotypes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 43, p. 362-366, 1995.

LI, P.; BARTH, M. M. Impact of edible coatings on nutritional and physiological changes in lightly processed carrots. **Postharvest Biology and Technology**, v. 14, p. 51-60, 1998.

LIPETZ, J. Wound-healing in higher plants. **International Reviews in Cytology**, v. 27, p. 1-28. 1970.

LIPTON, W. J. Controlled atmospheres for fresh vegetables and fruits – why and when. In: HAARD, N. F.; SALUNKHE, D. F. (Ed.). **Postharvest biology and handling of fruits and vegetables**. Westport: AVI Publ. Co., 1975. p. 130-143.

LOPEZ-GALVEZ, G.; SALTVEIT, M.; CANTWELL, M. The visual quality of minimally processed lettuces stored in air or controlled atmosphere with emphasis

on romaine and iceberg types. **Postharvest Biology and Technology**, v. 8, p. 179-190, 1996a.

LOPEZ-GALVEZ, G.; SALTVEIT, M.; CANTWELL, M. Wound-induced phenylalanine ammonia lyase: Factors affecting its induction and correlation with the quality of minimally processed lettuces. **Postharvest Biology and Technology**, v. 9, p. 223-233, 1996b.

LUNA-GUZMAN, I.; BARRETT, D. M. Comparison of calcium chloride and calcium lactate effectiveness in maintaining shelf stability and quality of fresh-cut cantaloupes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 19, p. 61-72, 2000.

LUNA-GUZMAN, I.; CANTWELL, M.; BARRETT, D. M. Fresh-cut cantaloupe: Effects of CaCl₂ dips and heat treatments on firmness and metabolic activity. **Postharvest Biology and Technology**, v. 17, p. 201-213, 1999.

MACDOUGALL, A. J.; PARKER, R.; SELVENDRAN, R. R. Nonaqueous fractionation to assess the ionic composition of the apoplast during fruit ripening. **Plant Physiology**, v. 108, p. 1679-1689, 1995.

MARANGONI, A. G.; PALMA, T.; STANLEY, D. W. Membrane effects in postharvest physiology. **Postharvest Biology and Technology**, v. 7, p. 193-217, 1996.

MARTINEZ, M. V.; WHITAKER, J. R. The biochemistry and control of enzymatic browning. **Trends in Food Science Technology**, v. 6, p. 195-200, 1995.

MATEOS, M.; KE, D. Y.; CANTWELL, M.; KADER, A. A. Phenolic metabolism and ethanolic fermentation of intact and cut lettuce exposed to CO₂-enriched atmospheres. **Postharvest Biology and Technology**, v. 3, p. 225-233, 1993a.

MATEOS, M.; KE, D. Y.; KADER, A. A.; CANTWELL, M. Differential responses of intact and minimally processed lettuce to high carbon dioxide atmospheres. **Acta Horticulturae**, v. 343, p. 171-174, 1993b.

MATSUFUJI, H.; NAKAMURA, H.; CHINO, M.; TAKEDA, M. Antioxidant activity of capsanthin and the fatty acid esters in paprika (*Capsicum annuum*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, p. 3468-3472, 1998.

MATTHEWS, R. H.; MCCARTHY, M. A. Nutritional quality of fruits and vegetables subject to minimal processing. In: WILEY, R. C. (Ed.). **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables**. New York – London: Chapman & Hall, 1994. p. 313-326.

MAUL, F.; SARGENT, S. A.; BALABAN, M. O.; BALDWIN, E. A.; HUBER, D. J.; SIMS, C. A. Aroma volatile profiles from ripe tomatoes are influenced by physiological maturity at harvest: an application for electronic nose technology. **Journal of the American Society for Horticultural Sciences**, v. 123, p. 1094-1101, 1998.

MAUL, F.; SARGENT, S. A.; SIMS, C. A.; BALDWIN, E. A.; BALABAN, M. O.; HUBER, D. J. Tomato flavor and aroma quality as affected by storage temperature. **Journal of Food Science**, v. 65, p. 1228-1237, 2000.

MAZLIAK, P. Plant membrane lipids: changes and alterations during aging and senescence. In: LIEBERMAN, M. (Ed.). **Postharvest physiology and crop preservation**. New York: Plenum Press, 1983. p. 123-140.

MCCARTHY, M. A.; MATTHEWS, R. H. Nutritional quality of fruits and vegetables subject to minimal processes. In: WILEY, R.C. (Ed.). **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables**. New York – London: Chapman & Hall, 1994. p. 313-326.

MENCARELLI, F.; SALTVEIT, M. E.; MASSANTINI, R. Lightly processed foods: ripening of tomato fruit slices. **Acta Horticulturae**, v. 244, p. 193-200, 1989.

MERCADANTE, A. Z.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Effects of ripening, cultivar differences, and processing on the carotenoid composition of mango. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, p. 128-130, 1998.

MILLER, A. R. Physiology, biochemistry and detection of bruising (mechanical stress) in fruits and vegetables. **Postharvest News and Information**, v. 3, p. 53-58, 1992.

MILLER, K. S.; KROCHTA, J. M. Oxygen and aroma barrier properties of edible films: a review. **Trends in Food Science Technology**, v. 8, p. 228-237, 1997.

MOLINS, R. A.; MOTARJEMI, Y.; KAFERSTEIN, F. K. Irradiation: a critical control point in ensuring the microbiological safety of raw foods. **Food Control**, v.12, p. 347-35, 2001.

MORETTI, C. L.; BALDWIN, E. A.; SARGENT, S. A.; HUBER, D. J. Internal bruising alters aroma volatile profiles in tomato fruit tissues. **HortScience**, v. 37, p. 378-382, 2002.

MORETTI, C. L.; SARGENT, S. A.; BALABAN, M. O.; PUSCHMANN, R. Nariz eletrônico: tecnologia não-destrutiva para a detecção de desordem fisiológica causada por impacto em frutos de tomate. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 1, p. 20-23, 2000.

MORRIS, J. R.; SISTRUNK, W. A.; SIMS, C. A.; MAIN, G. L.; WEHUNT, E. J. Effect of cultivar, postharvest storage, preprocessing dip treatments and style of pack on the processing quality of strawberries. **Journal of the American Society for Horticultural Sciences**, v. 110, p. 172-177, 1985.

NUNES, M. C. M.; BRECHT, J. K.; MORAIS, A. M. M. B.; SARGENT, S. A. Controlling temperature and water loss to maintain ascorbic acid levels in

strawberries during postharvest handling. **Journal of Food Science**, v. 63, p. 1033-1036, 1998.

O'CONNOR-SHAW, R. E.; ROBERTS, R.; FORD, A. L.; NOTTINGHAM, S. M. Shelf life of minimally processed honeydew, kiwifruit, papaya, pineapple and cantaloupe. **Journal of Food Science**, v. 59, p. 1202-1206;1215, 1994.

O'CONNOR-SHAW, R. E.; ROBERTS, R.; FORD, A. L.; NOTTINGHAM, S. M. Changes in sensory quality of sterile cantaloupe dice stored in controlled atmospheres. **Journal of Food Science**, v. 61, p. 847-851, 1996.

OKUDA, T. Natural polyphenols as antioxidants and their potential role in cancer prevention. In: SCALBERT, A. (Ed.). **Polyphenolic phenomena**. Paris: INRA Editions, 1993. p. 221-235.

PALMA, M.; TAYLOR, L. T.; VARELA, R. M.; CUTLER, S. J.; CUTLER, H. G. Fractional extraction of compounds from grape seeds by supercritical fluid extraction and analysis for antimicrobial and agrochemical activities. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 47, p. 5044-5048, 1999.

PARADIS, C.; CASTAIGNE, F.; DESROSIERS, T.; FORTIN, J.; RODRIGUE, N.; WILLEMOT, C. Sensory, nutrient and chlorophyll changes in broccoli florets during controlled atmosphere storage. **Journal of Food Quality**, v. 19: 303-316, 1996.

PARK, W. P.; LEE, D. S. Effect of chlorine treatment on cut watercress and onion. **Journal of Food Quality**, v. 18, p. 415-424, 1995.

PEPPELENBOS, H. W.; TIJSKENS, L. M. M.; VANT LEVEN, J.; WILKINSON, E. C. Modelling oxidative and fermentative carbon dioxide production of fruits and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v. 9, p. 283-295, 1996.

PEPPELENBOS, H. W.; VANT LEVEN, J. Evaluation of four types of inhibition for modelling the influence of carbon dioxide on oxygen consumption of fruits and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v. 7, p. 27-40, 1996.

PETERSEN, M. A.; BERENDS, H. Ascorbic acid and dehydroascorbic acid content of blanched sweet green pepper during chilled storage in modified atmospheres. **Zier Lebensmayer Unters-Forsch**, v. 197, p. 546-549, 1993.

PICCHIONI, G. A.; WATADA, A. E.; ROY, S.; WHITAKER, B. D.; WERGIN, W. P. Membrane lipid metabolism, cell permeability, and ultrastructural changes in lightly processed carrots. **Journal of Food Science**, v. 59, p. 597-601, 1994.

PICCHIONNI, G. A.; WATADA, A. E.; WHITAKER, B. D.; REYES, A. Calcium delays membrane lipid changes and increases net synthesis of membrane lipid components in shredded carrots. **Postharvest Biology and Technology**, v. 9, p. 235-245, 1996.

PONTING, J. D.; JACKSON, R.; WATERS, G. Refrigerated apple slices: preservative effects of ascorbic acid, calcium and sulfites. **Journal of Food Science**, v. 37, p. 434, 1972.

POOVAIAH, B. W. Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables. **Food Technology**, v. 40, n. 5, p. 86-89, 1986.

PORTELA, S. I.; CANTWELL, M. I. Quality changes of minimally processed honeydew melons stored in air or controlled atmosphere. **Postharvest Biology and Technology**, v. 14, p. 351-357, 1998.

PORTELA, S. I.; CANTWELL, M. I. Cutting blade sharpness affects appearance and other quality attributes of fresh-cut cantaloupe melon. **Journal of Food Science**, v. 66, n. 9, p. 1265-1270, 2001.

PRAKASH, A.; GUNER, A. R.; CAPORASO, F.; FOLEY, D. M. Effects of low-dose gamma irradiation on the shelf life and quality characteristics of cut Romaine lettuce packaged under modified atmosphere. **Journal of Food Science**, v. 65, p. 549-553, 2000.

PRIEPKE, P. E.; WEI, L. S.; NELSON, A. I. Refrigerated storage of prepackaged salad vegetables. **Journal of Food Science**, v. 41, p. 379-382, 1976.

PRIOR, R. L.; CAO, G.; MARTIN, A.; SOFIC, E.; MCEWEN, J.; O'BRIEN, C.; LISCHNER, N.; EHLENFELDT, M.; KALT, W.; KREWER, G.; MAINLAND, C. M. Antioxidant capacity as influenced by total phenolics and anthocyanin content, maturity, and variety of *Vaccinium* species. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, p. 2686-2693, 1998.

RAMAMURTHY, M. S.; MAITI, B.; THOMAS, P.; NAIR, P. M. High performance liquid chromatography determination of phenolic acids in potato tubers (*Solanum tuberosum*) during wound healing. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 40, p. 569-572, 1992.

RAO, A. V.; WASEEM, A.; AGARWAL, S. Lycopene content of tomatoes and tomato products and their contribution to dietary lycopene. **Food Research International**, v. 31, p. 737-741, 1998.

RAUHA, J.-P.; REMES, S.; HEINONEN, M.; HOPIA, A.; KAHKONEN, M.; KUJALA, T.; PIHLAJA, K.; VUORELA, H.; VUORELA, P. Antimicrobial effects of finnish plant extracts containing flavonoids and other phenolic compounds. **International Journal of Food Microbiology**, v. 56, p. 3-12, 2000.

REYES, V. G. Improved preservation systems for minimally processed vegetables. **Food Australia**, Sydney, v. 48, n. 2, p. 87-90, Feb. 1996.

RIAD, G. S.; BRECHT, J. K. Fresh-cut sweetcorn kernels. **Proceedings of Florida State Horticultural Society**, v. 114, p. 160-163, 2001.

RICE-EVANS, C. A.; MILLER, N. J.; PAGANGA, G. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. **Free Radical Biology Medicine**, v. 20, p. 933-956, 1996.

RIGAL, D.; GAUILLARD, F.; FORGET, F. L.; Changes in the carotenoid content of apricot (*Prunus armeniaca*, var *Bergeron*) during enzymatic browning: beta-carotene inhibition of chlorogenic acid degradation. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 80, p. 763-768, 2000.

RIVA, M.; BENEDETTI, S.; MANNINO, S. Shelf life of fresh cut vegetables as measured by an electronic nose: preliminary study. **Italian Journal of Food Science**, v. 13, p. 201-212, 2001.

ROBAK, J.; GRYGLEWSKI, R. J. Flavonoids are scavengers of superoxide anions. **Biochemistry and Pharmacology**, v. 37, p. 837-841, 1988.

ROLLE, R. S.; CHISM, G. W. Physiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. **Journal of Food Quality**, v. 10, p. 157-177, 1987.

ROMIG, W. R. Selection of cultivars for lightly processed fruits and vegetables. **HortScience**, v. 30, p. 38-40, 1995.

ROOKE, E. A.; VAN DEN BERG, L. Equilibrium relative humidity of plant tissue. **Canadian Institute of Food Science and Technology**, v. 18, p. 85-88, 1985.

ROSEN, J. C.; KADER, A. A. Postharvest physiology and quality maintenance of sliced pear and strawberry fruits. **Journal of Food Science**, v. 54, p. 656-659, 1989.

SALTVEIT, M. E. Physical and physiological changes in minimally processed fruits and vegetables. In: TOMÁS-BARBERÁN, F. A.; ROBINS, R. J. (Ed.). **Phytochemistry of fruit and vegetables**. London: Oxford University Press, 1997. p. 205-220.

SALTVEIT, M. E. Effect of ethylene on quality of fresh fruits and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v. 15, n. 3, p. 279-292, Mar. 1999.

SALTVEIT, M. E. Wound induced changes in phenolic metabolism and tissue browning are altered by heat shock. **Postharvest Biology and Technology**, v. 21, p. 61-69, 2000.

SALTVEIT, M. E.; MANGRICH, M. E. Using density measurements to study the effect of excision, storage, abscisic acid, and ethylene on pithiness in celery petioles. **Journal of the American Society for Horticultural Sciences**, v. 121, p. 137-141, 1996.

SALTVEIT, M. E.; MORRIS, L. L. Overview on chilling injury of horticultural crops. In: WANG, C. Y. (Ed.). **Chilling injury of horticultural crops**. Boca Raton: CRC Press, 1990. p. 3-15.

SAPERS, G. M.; COOKE, P. H.; HEIDEL, A. E.; MARTIN, S. T.; MILLER, R. L. Structural changes related to texture of pre-peeled potatoes. **Journal of Food Science**, v. 62, p. 797-803, 1997.

SAPERS, G. M.; MILLER, R. L. Browning inhibition in fresh-cut pears. **Journal of Food Science**, v. 63, p. 342-346, 1998.

SARGENT, S. A.; BRECHT, J. K.; ZOELLNER, J. J.; BALDWIN, E. A.; CAMPBELL, C. A. Edible films reduce surface drying of peeled carrots. **Proceedings of Florida State Horticultural Society**, v. 107, p. 245-247, 1994.

SAUBERLICH, H. E. Pharmacology of vitamin C. **Annual Review of Nutrition**, v. 14, p. 371-391, 1994.

SCHLIMME, D. V. Marketing lightly processed fruits and vegetables. **HortScience**, v. 30, p. 15-17, 1995.

SCHUBERT, S. Y.; LANSKY, E. P.; NEEMAN, I. Antioxidant and eicosanoid enzyme inhibition properties of pomegranate seed oil and fermented juice flavonoids. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 66, p. 11-17, 1999.

SEDDON, J. M.; AJANI, U. A.; SPERDUTO, R. D.; HILLER, R.; BLAIR, N.; BURTON, T. C.; FARBER, M. D.; GRAGOUDAS, E. S.; HALLER, J.; MILLER, D. T.; YANNUZZI, L. A.; WILLET, W. Dietary carotenoids, vitamins A, C, and E, and advanced age-related macular degeneration. **Journal of the American Medicine Association**, v. 272, p. 1413-1420, 1994.

SHEWFELT, R. L. Quality of minimally processed fruits and vegetables. **Journal of Food Quality**, v. 10, p. 143-156, 1987.

SHEWFELT, R. L.; DEL ROSARIO, B. A. The role of lipid peroxidation in storage disorders of fresh fruits and vegetables. **HortScience**, v. 35, p. 575-579, 2000.

SHIMIZU, K.; KONDO, R.; SAKAI, K. Inhibition of tyrosinase by flavonoids, stilbenes and related 4-substituted resorcinols: Structure-activity investigations. **Planta Medica**, v. 66, p. 11-15, 2000.

SHINE, W. E.; STUMPF, P. K. Fat metabolism in higher plants. Recent studies on plant oxidation systems. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 162, p. 147-157, 1974.

SICHEL, G.; CORSARO, C.; SCALIA, M.; DIBILLIO, A. J.; BONOMO, R. P. In vitro scavenger activity of some flavonoids and melanins against O_2^* . **Free Radical Biology Medicine**, v. 11, p. 1-8, 1991.

SIEDOW, J. N. Plant lipoxygenase – structure and function. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 42, p. 145-188, 1991.

SIMPSON, K. L.; LEE, T. C.; RODRIGUEZ, D. B.; CHICHESTER, C. O. Metabolism in senescent and stored tissues. In: GOODWIN, T. W. (Ed.). **Chemistry and biochemistry of plant pigments**. London: Academic Press, 1976. p. 780-842.

SMITH, A. C.; WALDRON, W.; MANESS, N.; PERKINS-VEAZIE, P. Vegetable texture: measurement and structural implications. In: BARTZ, J. A.; BRECHT, J. K. (Ed.). **Postharvest physiology and pathology of vegetables**. New York: Marcel Dekker, 2003. p. 297-329.

SOLOMOS, T. Some biological and physical principles underlying modified atmosphere packaging. In: WILEY, R. C. (Ed.). **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables**. New York – London, Chapman & Hall, 1994. p. 183-225.

SOOD, D. R.; RAM, T.; DHINDSA, K. S.; PARTAP, P. S. Carbohydrates and pigment assays in 41 genotypes of carrot (*Daucus carota* L.). **Journal of Food Science and Technology**, v. 30, p. 145-147, 1993.

SORAT, Y.; TAKAHAMA, U.; KIMURA, M. Protective effect of quercetin and rutin on photosensitized lysis of human erythrocytes in the presence of hematoporphyrin. **Biochemistry and Biophysics Acta**, v. 799, p. 313-317, 1982.

STEINMETZ, K. A.; POTTER, J. D. Vegetables, fruit, and cancer prevention: A review. **Journal of the American Dietary Association**, v. 96, p. 1027-1039, 1996.

SZCZESNIAK, A. S.; ILKER, R. The meaning of textural characteristics – juiciness in plant foodstuffs. **Journal of Texture Studies**, v. 19, p. 61-78, 1988.

TALCOTT, S. T.; HOWARD, L. R. Chemical and sensory quality of processed carrot puree as influenced by stress-induced phenolic compounds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 47, p. 1362-1366, 1999.

TAPIA DEDAZA, M. S. T.; ALZAMORA, S. M.; CHANES, J. W. Combination of preservation factors applied to minimal processing of foods. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 36, p. 629-659, 1996.

TATSUMI, Y.; WATADA, A. E.; WERGIN, W. P. Scanning electron microscopy of carrot stick surface determines cause of white translucent appearance. **Journal of Food Science**, v. 56, p. 1357-1359, 1991.

TEE, E. S. Carotenoids and retinoids in human nutrition. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 31, p. 103-163, 1992.

TERESCHUK, M. L.; RIERA, M. V. Q.; CASTRO, G. R.; ABDALA, L. R. Antimicrobial activity of flavonoids from leaves of *Tagetes minuta*. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 56, p. 227-232, 1997.

THOMPSON, J. E.; LEGGE, R. L.; BARBER, R. F. The role of free radicals in senescence and wounding. **New Phytology**, v. 105, p. 317-344, 1987.

TODD, J. F.; PALIYATH, G.; THOMPSON, J. E. Effect of chilling on the activities of lipid degrading enzymes in tomato fruit microsomal membranes. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 30, p. 517-522, 1992.

TOIVONEN, P. M. A. Non-ethylene, non-respiratory volatiles in harvested fruits and vegetables: Their occurrence, biological activity and control. **Postharvest Biology and Technology**, v. 12, p. 109-125, 1997.

TOMÁS-BARBERÁN, F. A.; LOAIZA-VELARDE, J.; BONFANTI, A.; SALTVEIT, M. E. Early wound- and ethylene-induced changes in phenylpropanoid metabolism in harvested lettuce. **Journal of the American Society for Horticultural Sciences**, v. 122, p. 399-404, 1997.

TUDELA, J. A.; CANTOS, E.; ESPIN, J. C.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A.; GIL, M. I. Induction of antioxidant flavonol biosynthesis in fresh-cut potatoes. Effect of domestic cooking. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 5925-5931, 2002a.

TUDELA, J. A.; ESPY, J. C.; GIL, M. I. Vitamin C retention in fresh-cut potatoes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 26, p. 75-84, 2002b.

VAN POPPEL, G.; VAN DEN BERG, H. Vitamins and cancer. **Cancer Letters**, v. 114, p. 195-202, 1997.

VAROQUAUX, P.; WILEY, R. C. Biological and biochemical changes in minimally processed refrigerated fruits and vegetables. In: WILEY R. C. (Ed.). **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables**. New York – London: Chapman & Hall, 1994. p. 226-268.

VELIOGLU, Y. S.; MAZZA, G.; GAO, L.; OOMAH, B. D. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, p. 4113-4117, 1998.

VERLINDEN, B. E.; NICOLAÏ, B. M. Fresh-cut fruits and vegetables. **Acta Horticulturae**, v. 518, p. 223-230, 2000.

WALDRON, K. W.; SMITH, A. C.; PARR, A. J.; Ngambo A.; PARKER, M. L. New approaches to understanding and controlling cell separation in relation to fruit and vegetable texture. **Trends in Food Science and Technology**, v. 8, p. 213-221, 1997.

WALTER, M. W., RANDALL-SCHADEL, B. JR.; SCHADEL, W. E. Wound healing in cucumber fruit. **Journal of the American Society for Horticultural Sciences**, v. 115, p. 444-452, 1990.

WANG, C. Y. Postharvest responses of Chinese cabbage to high CO₂ treatment or low O₂ storage. **Journal of the American Society for Horticultural Sciences.**, v. 108, p. 125-129, 1983.

WANG, H.; CAO, G.; PRIOR, R. L. Total antioxidant capacity of fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 44, p. 701-705, 1996.

WANG, H.; CAO, G.; PRIOR, R. L. Oxygen radical absorbing capacity of anthocyanins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, p. 304-309, 1997.

WARTON, M. A.; WILLS, R. B. H. Survey of storage conditions and quality of minimally processed packaged lettuce in supermarkets. **Food Australia**, v. 54, p. 191-192, 2002.

WATADA, A. E.; ABE, K.; YAMAUCHI, N. Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. **Food Technology**, v. 44, n. 5, p. 116, 118, 120-122, 1990.

WATADA, A. E.; KO, N. P.; MINOTT, D. A. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. **Postharvest Biology and Technology**, v. 9, p. 115-125, 1996.

WATADA, A. E.; QI, L. Quality of fresh-cut produce. **Postharvest Biology and Technology**, v. 15, p. 201-205, 1999.

WEICHMANN, J. The effect of controlled-atmosphere storage on the sensory and nutritional quality of fruits and vegetables. **Horticultural Review**, v. 8, p. 101-127, 1986.

WELLER, A.; BATES, R. P.; MATTHEWS, R. F.; BRECHT, J. K.; SIMS, C. A. Evaluation of carambola cultivars for the lightly processed market. **Proceedings of Florida State Horticultural Society**, v. 108, p. 320-324, 1995.

WELLER, A.; SIMS, C. A.; MATTHEWS, R. F.; BATES, R. P.; BRECHT, J. K. Browning susceptibility and changes in composition during storage of carambola slices. **Journal of Food Science**, v. 62, p. 256-260, 1997.

WELLS, J. M.; BUTTERFIELD, J. E. Salmonella contamination associated with bacterial soft rot of fresh fruits and vegetables in the marketplace. **Plant Disease**, v. 81, p. 867-871, 1997.

WELLS, J. M.; BUTTERFIELD, J. E. Incidence of Salmonella on fresh fruits and vegetables affected by fungal rots or physical injury. **Plant Disease**, v. 83, p. 722-726, 1999.

WHITAKER, J. R. **Principles of enzymology for the food sciences**. 2 ed. New York: Marcel Dekker, 1994. 345 p.

WIGGINTON, M. J. Effects of temperature, oxygen tension and relative humidity on the wound-healing process in the potato tuber. **Potato Research**, v. 17, p. 200-214, 1974.

WILLS, R. B. H.; KU, V. V. V.; SHOHET, D.; KIM, G. H. Importance of low ethylene levels to delay senescence of non-climacteric fruit and vegetables. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 39, p. 221-224, 1999.

WRIGHT, K. P.; KADER, A. A. Effect of controlled-atmosphere storage on the quality and carotenoid content of sliced persimmons and peaches. **Postharvest Biology and Technology**, v. 10, p. 89-97, 1997a.

WRIGHT, K. P.; KADER, A. A. Effect of slicing and controlled-atmosphere storage on the ascorbate content and quality of strawberries and persimmons. **Postharvest Biology and Technology**, v. 10, p. 39-48, 1997b.

YANG, S. F. Biosynthesis and action of ethylene. **HortScience**, v. 20, p. 41-45, 1985.

YANO, M.; SAIJO, R. New preservation method for shredded cabbage with special reference to non-browning cultivar. **Journal of the Japanese Society of Cold Preservervtives Food**, v. 13, p. 11-15, 1987.

ZHUANG, H.; HILDEBRAND, D. F.; BARTH, M. M. Temperature influenced lipid peroxidation and deterioration in broccoli buds during postharvest storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 10, p. 49-58, 1997.

ZIEGLER, R. G. Vegetable, fruits and carotenoids and the risk of cancer. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 53, p. 251-259, 1991.

Capítulo 3

Higiene e sanitização

Nélio J. de Andrade

Maria S. R. Bastos

Maria A. Antunes

1. Introdução

A higiene e a sanitização na indústria alimentícia são dois pré-requisitos da maior importância para a segurança dos alimentos. A perda de qualidade e alterações microbiológicas dos alimentos são geralmente atribuídas à falta ou à inadequada higiene e sanitização na cadeia produtiva.

O conceito de ambiente higiênico não deve ser prerrogativa apenas dos países evoluídos. Ele deve ser aplicado também nos países em desenvolvimento, pois a produção de alimentos é a base da sustentabilidade de um país.

Programas de qualidade como Boas Práticas na Produção Primária, Boas Práticas de Fabricação, Padrões e Procedimentos Operacionais de Sanitização e o Sistema de Análises de Perigos e Pontos Críticos de Controle contemplam a importância da higiene e sanitização para a qualidade e a segurança dos alimentos e deveriam ser amplamente adotados.

O aumento do consumo de frutas e hortaliças minimamente processadas tem sido atribuído aos benefícios que proporcionam à saúde, ao fato de manterem características próximas ao estado fresco e, ainda, às tendências do mercado em relação ao consumo de alimentos prontos para consumo (ALZAMORA *et al.*, 2000). O reconhecimento da importância desses produtos tem aumentado nas duas últimas décadas. Entretanto, relatos de doenças infecciosas associadas aos mesmos têm despertado também o interesse das agências de saúde pública e dos consumidores, preocupados com a segurança dos alimentos.

Frutas e hortaliças são cultivadas em solos e carregam aproximadamente 10^9 UFC/g de microorganismos depois de colhidas. Dentre os microorganismos mais comuns estão bactérias, fungos filamentosos e leveduras. As bactérias mais frequentes são as *Pseudomonas* spp., *Erwinia herbicola* e *Enterobacter agglomerans*, as bactérias do ácido lático como *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactobacillus* spp. e as bactérias patogênicas como as do gênero *Salmonella* e *Clostridium*, além da estirpe *E. coli* O157:H7. O gênero *Pseudomonas* geralmente é responsável por 50% a 90% da população microbiana de vegetais (IFPA, 2001). Entretanto, outros microorganismos podem se desenvolver durante o transporte, o processamento e o armazenamento.

O processamento mínimo de frutas e hortaliças não envolve nenhum tipo de tratamento térmico que possa assegurar a inativação dos microorganismos presentes na matéria-prima ou incorporados durante o processamento, via manipulação, equipamentos, utensílios e ambiente. Nesse contexto, a adoção de procedimentos eficazes de higiene é imprescindível.

Neste capítulo são descritas as etapas de processamento mínimo e as recomendações técnicas de higiene e sanitização na cadeia produtiva de frutas e hortaliças minimamente processadas, contemplando aspectos relacionados à

matéria-prima, manipuladores, equipamentos e utensílios, ambiente, qualidade de água, bem como a forma de controle e avaliação dos procedimentos para assegurar a qualidade e a segurança dos produtos.

2. Fluxograma do processamento mínimo de frutas e hortaliças

O fluxograma do processamento mínimo de frutas e hortaliças é estabelecido de acordo com a particularidade de cada produto. Cada etapa requer a adoção de práticas higiênico- sanitárias eficientes, para garantir que os perigos sejam controlados e se produza um alimento seguro. A Associação Internacional dos Produtores de Minimamente Processados (IFPA, 2001) propôs um fluxograma geral para frutas e hortaliças minimamente processadas (Figura 1).

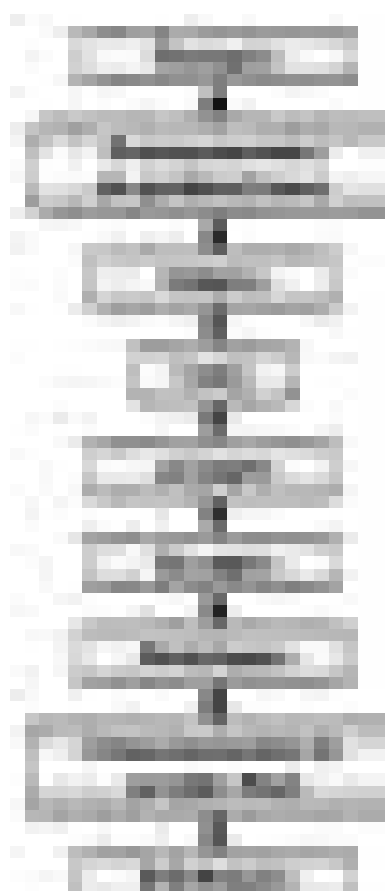


Figura 1. Fluxograma geral para frutas e hortaliças minimamente processadas (IFPA, 2001).

Para adequar esse fluxograma para frutas e hortaliças de forma geral, devem ser acrescentadas etapas como pré-lavagem, sanitização da matéria-prima e descascamento. As recomendações higiênico-sanitárias foram estabelecidas pelo Comitê de Higiene de Alimentos do Codex Alimentarius, no documento *“Proposed draft code of hygienic practice for pre-cut fruits and vegetables”* (www.codexalimentarius.net). Tal documento estabelece definições, produção primária, “layout” de equipamentos, controle das operações, higiene pessoal, transporte, informação do produto e treinamento.

3. Recomendações técnicas de manuseio dos produtos antes e depois do processamento

As principais recomendações higiênico-sanitárias e a sua importância para cada etapa da produção de frutas e hortaliças minimamente processadas são discutidas a seguir.

3.1 Recepção da matéria-prima

A contaminação de frutas e hortaliças pode ser originada da planta, a partir das sementes ou do ambiente de produção. O histórico de uso do solo onde as frutas e hortaliças são produzidas é um fator geralmente ignorado. Por exemplo, áreas de produção com a presença de animais domésticos e selvagens são mais contaminadas por patógenos (BRACKETT, 1999). Além de microorganismos, a matéria-prima carrega também impurezas como pêlos, pedras, metais, insetos e outras.

Por isso a matéria-prima deve ser recebida em local externo à área de processamento, para que esta não seja contaminada. Nesta fase, recomenda-se uma lavagem inicial dos produtos com água corrente, para remoção das impurezas.

3.2 Armazenamento do produto fresco

Frutas e hortaliças devem ser armazenadas em câmaras frias, com temperatura entre 5°C e 10°C, ajustada para cada tipo de produto, até o seu processamento. Os produtos devem ser acondicionados em caixas limpas, previamente lavadas e higienizadas.

3.3 Seleção

A matéria-prima deve ser selecionada de forma a minimizar a contaminação da área de processamento. Para frutas, a seleção baseia-se no descarte de produtos injuriados, machucados e impróprios para o processamento por estarem verdes ou iniciando o estágio de senescência. Para hortaliças, devem-se eliminar os materiais impróprios para o consumo e partes não processáveis, como folhas velhas, talos, raízes e inflorescências deterioradas. Devem-se ainda separar as hortaliças de acordo com as características de forma, tamanho e peso, para facilitar o manuseio durante o processamento. Recomenda-se que a seleção seja realizada em mesas de aço inoxidável, limpas e sanitizadas.

3.4 Pré-lavagem e lavagem

Para frutas, a pré-lavagem é realizada com jatos de água corrente. Recomenda-se este procedimento principalmente para goiabas e cantaloupes, já que não passam pela lavagem com detergentes. A lavagem com detergente neutro diluído a 2% durante três minutos é recomendada para frutas como abacaxi,

carambola, mamão, manga, melancia e melão, com exceção do cantaloupe. A lavagem deve ser efetuada com constante agitação da água ou com auxílio de esponja, para facilitar a remoção das impurezas.

Para hortaliças, a lavagem deve ser realizada em tanques de aço inoxidável, com água corrente e depois em solução com detergente apropriado, em concentrações previamente estabelecidas, de acordo com a hortaliça e conforme a recomendação do fabricante. Recomenda-se que as hortaliças fiquem imersas em tanques com a solução detergente e que a mesma seja trocada pelo menos de quatro a seis vezes ao dia. Após a lavagem, as hortaliças devem ser enxaguadas até a remoção completa do detergente.

3.5 Sanitização da superfície

Esta etapa é recomendada para frutas, que carregam em sua superfície microorganismos que podem contaminar o produto durante o descascamento. A Food Drug Administration (FDA), Agência de Alimentos e Drogas dos Estados Unidos da América, em seu regulamento 21 C.F.R. § 173.315, aprova o uso de hipoclorito de sódio, dióxido de cloro, peróxido de hidrogênio, ácido peracético e ozônio como sanitizantes para frutas e hortaliças frescas e minimamente processadas (FDA, 2002).

Dentre os sanitizantes, os compostos clorados têm sido os mais usados entre processadores de frutas. A concentração e o tempo de permanência do composto clorado dependem das características das frutas e da intensidade de remoção desejada dos microorganismos, embora a Associação Internacional dos Produtores de Minimamente Processados sugira a concentração de 200 mg/L em pH 6,5, em tempo a ser estabelecido pelo processador (IFPA, 2001).

Para a sanitização de manga, abacaxi, mamão, carambola e melão, recomenda-se a concentração de 200 mg/L por cinco minutos (BASTOS *et al.*, 2000). Para goiabas, é recomendada a concentração de 150 mg/L por cinco minutos (MATTIUZ *et al.*, 2001). Para cantaloupes, a recomendação é de 1.000 mg/L por dez minutos. A solução de sanitização deve estar à temperatura de 15°C, com pH ajustado para 6,5, para que aumente a eficiência do cloro.

O ácido peracético também é uma alternativa para a sanitização de frutas, na concentração de 60 mg/ L, durante dez minutos.

3.6 Descascamento e corte

A etapa de descascamento aplica-se principalmente às frutas. Existem métodos de corte e descascamento mecânico na escala industrial, mas esses métodos devem ser avaliados em função da injúria que podem causar às frutas, que em geral favorece a entrada de microorganismos deterioradores e patógenos. O método manual é o mais recomendado, por produzir menos injúrias. Para raízes e tubérculos, devem-se usar, preferencialmente, descascadores manuais, que

devem ser previamente limpos e sanitizados. Para batata e cenoura, pode ser usado o processo de descascamento por abrasão.

As frutas geralmente são comercializadas na forma de cubos, fatias ou rodelas, dependendo das características de cada uma. Para hortaliças, naturalmente, são outras formas. A alface, por exemplo, pode ser comercializada em folhas intactas ou fatiadas manualmente. Couve, acelga e repolho são comercializados fatiados. Os floretes dos brócolis e da couve-flor são separados manualmente. Vagens são picadas manualmente ou em cortadores manuais. E a cenoura e a beterraba geralmente são preparadas em fatias, cubos e palitos ou raladas.

Independentemente da forma de descascamento ou corte, nessas operações os manipuladores, equipamentos e utensílios são as principais fontes de contaminação. Os manipuladores devem seguir as normas de boas práticas de fabricação. E os equipamentos e utensílios devem ser higienizados e sanitizados conforme recomendações apropriadas.

3.7 Enxágüe e sanitização

Após o corte, as hortaliças são lavadas primeiramente em água a 4°C e circulante, para o resfriamento do produto e a retirada de suco celular resultante do corte (primeiro enxágüe). Em seguida, devem ser sanitizadas por imersão em água gelada e clorada, contendo entre 150 mg/L e 200 mg/L de cloro residual total e pH 6,5, durante cinco a dez minutos. Posteriormente, as hortaliças são imersas novamente em água gelada e clorada com 3 mg/L de cloro residual total por mais cinco minutos, para a retirada do excesso de cloro (segundo enxágüe).

Para as frutas, não é necessário o enxágüe. Geralmente os produtos passam apenas por uma sanitização, que também é chamada de enxágüe, em que as frutas cortadas são imersas em soluções cloradas por um tempo determinado. Recomendações de sanitização variam de acordo com a fruta. Para mamão e abacaxi, recomendam-se 20 mg/L por dois minutos (SARZI, 2002). Para manga, 5 mg/L por dois minutos. Para melão, 5-10 mg/L por um minuto (BASTOS *et al.*, 2000). Para goiaba, 20 mg/L por dois minutos (MATTIUZ *et al.*, 2001). E para carambola, 10 mg/L por dois minutos (TEIXEIRA *et al.*, 2001).

Os utensílios e caixas devem ser higienizados e sanitizados conforme as recomendações apropriadas. A água deve atender aos padrões de potabilidade. Os manipuladores devem também tomar as medidas necessárias de higiene e sanitização.

3.8 Centrifugação / Drenagem

Estas operações têm como objetivo remover o excesso de líquido aderido aos produtos durante as etapas anteriores. A centrifugação é usada somente

para hortaliças, com centrifugas industriais, por um período de três a dez minutos, dependendo do produto, do equipamento e da quantidade de líquido que se deseja retirar do produto.

Para frutas, imediatamente após a segunda sanitização faz-se a drenagem, mediante o uso de peneiras. A remoção pode ser comprovada pela diferença de peso do produto antes e após a sanitização. O tempo ideal para a drenagem de frutas minimamente processadas, como abacaxi, manga, goiaba e melão, é de um a três minutos.

Os equipamentos e utensílios usados nessas etapas devem ser higienizados e sanitizados, e a água deve atender aos padrões de potabilidade.

3.9 Seleção

A seleção aplica-se somente às hortaliças. As folhosas (alface, repolho e acelga) e as inflorescências (brócolis e couve-flor) devem passar por nova seleção, retirando-se os pedaços de folhas com defeitos e as impurezas resultantes do processamento que não foram eliminadas na pré-seleção. Nesta etapa, todos os utensílios e mesas devem estar higienizados e sanitizados. Os manipuladores devem usar luvas, máscaras e aventais, conforme as boas práticas de fabricação estabelecidas pelos processadores.

3.10 Embalagem

A embalagem protege os produtos contra danos e contaminação por microorganismos. Entretanto, no caso de frutas, se a embalagem não for definida de acordo com as características de cada fruta, microorganismos poderão se desenvolver no produto final. A empresa processadora deve fazer uma seleção prévia de fornecedores de embalagem. Nesta etapa, as recomendações de controle higiênico-sanitário aplicam-se a manipuladores, equipamentos, utensílios e ao ambiente.

3.11 Armazenamento

O armazenamento do produto final, pronto para ser comercializado, é feito em câmaras frias. Os produtos devem ser mantidos sob temperatura em torno de 5°C até a sua distribuição e com umidade relativa ajustada de acordo com as características de cada produto. As câmaras devem ser de material lavável, higienizadas e sanitizadas constantemente, para prevenir possíveis contaminações.

3.12 Distribuição

Os produtos devem ser acondicionados em embalagens secundárias e a distribuição deve ser realizada em temperatura de refrigeração, entre 5°C e 7°C.

4. Recomendações específicas para os manipuladores

As pessoas que colhem, armazenam, transportam e preparam as frutas e as hortaliças minimamente processadas muitas vezes são responsáveis por diversas contaminações com microorganismos alteradores e patogênicos. Manipuladores que estejam infectados ou colonizados por microorganismos patogênicos podem contaminar as frutas e hortaliças diretamente, tocando-as, ou por transmissão cruzada, transferindo os patógenos de um produto higienizado para outro em fase inicial de preparação. A movimentação de pessoal aumenta os riscos de contaminação microbiana no ambiente de processamento, particularmente a ocorrência de bactérias, especialmente *S. aureus*, estreptococos, micrococos e outros microorganismos associados à respiração, ao intestino, aos cabelos e à pele.

Após recrutamento e entrevista, os manipuladores selecionados devem submeter-se a exames médicos para avaliar as suas condições de saúde, evitando-se assim que sejam contratadas pessoas portadoras de doenças contagiosas. Uma vez contratado, o manipulador deve receber os treinamentos básicos essenciais para a manipulação de alimentos.

4.1 Asseio corporal

As mãos do manipulador ou da manipuladora requerem cuidados. Não devem ter adornos como alianças, anéis, pulseiras e relógios. As unhas devem ser cortadas curtas e não podem ter esmalte.

A água para higienização das mãos deve ser acionada por meio de pedal; a pia não deve ter torneira convencional. No local da higienização deve ter detergente para mãos, escova de cerdas macias para as unhas, solução sanitizante para mãos e papel-toalha. As torneiras com abertura manual são inadequadas, pois podem re-infectar as mãos que já foram higienizadas, no momento de fechá-las.

Para evitar riscos de contaminação, as mãos devem ser lavadas sempre que tocar qualquer parte da cabeça (orelhas, nariz, olhos, boca, espinhas), após o uso de lenço para assoar o nariz e após o uso de sanitários.

Ainda, devem-se lavar as mãos nas seguintes situações, antes de tocar frutas e hortaliças já higienizadas: após manipulação de frutas e hortaliças em fase de seleção e preparação inicial; após tocar caixas contaminadas durante o descarregamento dos produtos ou da matéria-prima; após toque em sapatos, objetos caídos no chão, avental, uniforme, roupas sujas, materiais de limpeza (esfregões, vassouras, panos), maçanetas de portas de refrigeradores e outros objetos que possam oferecer risco de contaminação.

As pessoas devem ser treinadas para, durante a produção de alimentos, lavar as mãos em qualquer situação em que haja possibilidade de contaminação cruzada. Por isso, as instalações para higiene das mãos nos locais onde há pré-

preparo, preparo e distribuição de alimentos devem estar facilmente acessíveis e abastecidas de água potável, sabão, escova para unhas e papel-toalha.

4.2 Higienização das mãos

Sugere-se o procedimento duplo de higienização de mãos. Primeiramente, usa-se escova para unhas, sabão e enxágüe. Depois, usa-se novamente sabão, enxágüe e o procedimento é finalizado com o enxugamento das mãos. O procedimento duplo integral pode ser adotado nas seguintes condições: i) sempre que houver troca de função; ii) após o uso de sanitários; iii) após executar limpeza de sanitários e locais infectados; e iv) ao entrar na área de processamento. Apenas a segunda fase, sem escovas, pode ser adotada nas outras situações.

A lavagem adequada das mãos é feita da seguinte maneira: i) acionar o pedal para liberar a água, que deve escorrer de preferência a 7,5 litros por minuto, à temperatura de cerca 25°C; ii) colocar as mãos, o antebraço e a escova sob o fluxo de água, para molhar generosamente a superfície (Se tiver muita impureza, esfregar as mãos removendo-a ao máximo, facilitando a ação do sabão.); iii) aplicar de meia a uma colher de chá (2,5 mL a 5 mL) do detergente para mãos na escova; iv) esfregar e ensaboar a superfície das mãos com as cerdas da escova sob o fluxo de água, particularmente a palma da mão, entre os dedos, a pele da superfície, o antebraço e ao redor e debaixo da unha, fazendo espuma (Esta operação deve demorar quinze segundos, tempo para a ação do sabão.); v) enxaguar abundantemente até que toda a espuma de sabão seja removida das mãos e da escova; vi) colocar a escova em local seguro, com as cerdas para cima, de forma a facilitar a secagem; vii) aplicar meia colher de chá (2,5 mL) de detergente na palma das mãos, lavar com água suficiente para fazer espuma, esfregando as palmas e a pele das mãos, os dedos e o antebraço; viii) enxaguar abundantemente, removendo toda a espuma; ix) aplicar solução sanitizante para mãos; x) secar as mãos e os braços com papel-toalha; e xi) descartar o papel-toalha em lixeira com pedal, sem tocar o vasilhame. Deve ser garantido o abastecimento de sabão, sanitizante e papel-toalha durante toda a jornada de trabalho. O papel-toalha deve ser de cor branca, com a melhor qualidade microbiológica possível.

4.3 Avaliação das condições higiênico-sanitárias das mãos

A higienização das mãos dos manipuladores deve ser controlada com análises microbiológicas. O procedimento será considerado adequado quando resultar nos seguintes índices microbiológicos, expressos em UFC/mão: contagem de aeróbios mesófilos, < 10.000; coliformes totais, < 1.000; coliformes fecais, < 100 e *Staphylococcus aureus*, <100.

Essas contagens são recomendadas quando se usa a técnica “swab” para a coleta de microorganismos. Neste caso, a haste do “swab” tem 12 cm de comprimento e o algodão hidrófilo tem 2,5 cm de comprimento e 1,5 cm de diâmetro. Usa-se o “swab” esterilizado e inicia-se a coleta com “swab” umedecido em solução tampão fosfato, friccionando o algodão três vezes na mão a partir do

punho e em direção a cada um dos dedos. Em seguida, também a partir do punho, fricciona-se o algodão do mesmo “swab” entre os dedos, retornando ao punho.

Os microorganismos coletados são transferidos para um tubo contendo 10 mL de tampão fosfato, adicionado de agentes neutralizantes, para inativar possíveis resíduos de agentes sanitizantes. Para produtos à base de cloro e iodo, usa-se como agente neutralizante 0,25% de tiosulfato de sódio, e no caso de produtos à base de amônia quaternária, usam-se 2% de lecitina. Em seguida, plaqueiam-se diluições adequadas para meios de cultura e incubam-se as placas nas condições apropriadas para cada microorganismo: ágar para contagem total e 32°C por quarenta e oito horas, para mesófilos aeróbios; ágar VRB e 37°C por vinte e quatro horas, para coliformes totais; e ágar Baird-Parker e 30°C por vinte e quatro horas, para *Staphylococcus aureus*. Os resultados são expressos em UFC/mão.

5. Controle do ar no ambiente de processamento

O ar dos locais de processamento entra em contato com as frutas e hortaliças durante as diversas etapas de manipulação, armazenagem, processamento e embalagem. Por isso, deve ser dada atenção especial à possibilidade de o ar servir de veículo para microorganismos patogênicos, comprometendo a segurança do alimento.

Muitas vezes a veiculação aérea dos microorganismos é subestimada, o que leva a contagens microbiológicas muito acima das recomendações e à condenação de ambientes de processamento por condições higiênicas inadequadas. Contagens microbianas dez ou cem vezes maiores do que os níveis recomendados podem ser encontradas em áreas empoeiradas, como em locais onde vegetais com detritos de terra são processados.

Microorganismos presentes em aerossóis podem ser transportados como células isoladas ou aglomerados, em partículas sólidas ou líquidas. As fontes de aerossóis podem ser a atividade do pessoal, os drenos dos pisos, os sistemas de ventilação, a comunicação entre salas distintas, produtos que caem sobre o piso e os sistemas de transporte de água, principalmente quando esta é usada sob pressão (SALUSTIANO, 2002).

A atividade das pessoas aumenta a quantidade de microorganismos no ambiente. A microbiota do ar é constituída de células vegetativas de bactérias, especialmente *S. aureus*, estreptococos, micrococos e outras. Os drenos para escoamento no piso contribuem para aumentar os níveis de bioaerossóis, quando a água espirra ou forma bolhas. A população microbiana no interior dos drenos forma aerossóis pelo deslocamento de ar devido ao fluxo de água.

Os sistemas de ventilação podem contribuir para a contaminação microbiológica. O tipo e a instalação dos equipamentos de ventilação são fatores importantes na qualidade do ar. O fluxo de ar pode conduzir microorganismos e

contribuir para a sua disseminação por todo o ambiente. No entanto, um sistema de ventilação eficiente pode auxiliar no controle da qualidade microbiológica, da temperatura e da umidade relativa do ar-ambiente (HAYES, 1995; SALUSTIANO, 2002).

Em muitas situações, a contaminação de produtos por bioaerossóis ocorre em função do transporte de microorganismos de áreas adjacentes à linha de processamento. Esse transporte depende do gradiente de concentração de microorganismos e de fatores como ventilação, gradiente de temperatura e turbulência do ar no espaço de comunicação entre salas (SALUSTIANO, 2002).

Dependendo das condições ambientais, a dimensão dos bioaerossóis varia de 0,1 μ m a mais de 100 μ m de diâmetro. Isso provoca um comportamento aerodinâmico diferenciado, o que influencia sobremaneira a difusão e a deposição de partículas, que podem ser bactérias, fungos filamentosos, leveduras, esporos, antígenos, toxinas, vírus, pólen das plantas e material fecal.

5.1 Controle da microbiota ambiental

A microbiota dos locais de processamento de frutas e hortaliças pode ser controlada por meio da desinfecção química, que requer o emprego de germicida que alcance facilmente os bioaerossóis. Por essa razão, sanitizantes na forma de gás ou névoa fina são os mais efetivos. Dentre esses agentes químicos, encontram-se produtos comerciais à base de cloro, como o hipoclorito de sódio e as cloraminas orgânicas, e, também, produtos cujos princípios ativos são o ácido peracético, as quaternárias de amônio e o digluconato de clorhexidina.

A sanitização do ar dos locais de processamento deve ser efetuada com água potável, com o emprego de pulverizador, e em concentrações adequadas que respeitem a forma de aplicação e as dosagens preconizadas pelos fabricantes. Um procedimento geral para a sanitização do ar nesses locais é proposto a seguir.

Preparar as soluções sanitizantes diluídas, contendo 100 mg/L de cloro residual livre ou entre 45 mg/L e 60 mg/L de ácido peracético ou entre 700 mg/L e 1200 mg/L de amônia quaternária ou, ainda, entre 1.000 mg/L e 2.000 mg/L de digluconato de clorhexidina. Transferir a solução selecionada para o pulverizador e aplicar meio litro por 30m³ com pressão de 9 Kgf/cm². (Quanto mais fina a gotícula do sanitizante, mais eficiente o resultado.) Iniciar a aplicação apontando o esguicho do pulverizador para o alto, da esquerda para direita, em posição contrária à saída do recinto.

A aplicação poderá ser feita após o término do expediente ou em intervalo de trabalho, quando as atividades do setor são reduzidas. Aguardar trinta minutos antes de iniciar a atividade de processamento. Esse procedimento deve ser usado pelo menos uma vez por semana, ou de acordo com as necessidades. O aplicador / manipulador deve usar equipamento de proteção individual: máscara, óculos de

segurança, luvas de borracha, macacão e botas de borracha antiderrapante. A sanitização do ar deve ser monitorada por meio de análises microbiológicas.

5.2 Avaliação da microbiota do ar

A qualidade microbiológica do ar pode ser avaliada por vários métodos. A sedimentação simples e a impressão em ágar são os métodos mais frequentemente adotados e permitem a utilização tanto de meios seletivos quanto não-seletivos para a determinação de microorganismos presentes nos bioaerossóis (SVEUM *et al.*, 1992). O método de sedimentação é aplicado por meio da exposição, por quinze minutos, da placa de Petri (91 mm de diâmetro) contendo meios de cultura adequados à determinação do grupo ou espécie microbiana desejada.

Os amostradores (impressão em ágar) que sugam o ar e imprimem as partículas através dos orifícios em meios de cultura podem ser de um ou de múltiplos estágios, ou seja, com uma placa ou uma série de placas de metal, com orifícios igualmente dispostos e sucessivamente menores. As placas em série permitem que partículas menores sejam coletadas nos estágios finais, devido ao aumento da velocidade do ar, fornecendo também a informação da distribuição das partículas em função de suas dimensões.

Considera-se um ambiente em condições adequadas de higiene quando a contagem de bactérias aeróbias mesófilas é igual ou inferior a 100 UFC/cm²/semana, usando-se a técnica da sedimentação simples, ou igual ou inferior a 90 UFC/m³, usando-se o método da impressão em ágar por meio de amostrador de ar.

O ar dos locais de processamento deve ser avaliado uma vez por mês, com uma das técnicas sugeridas. Além disso, é importante a adoção de medidas preventivas como: impedir a entrada de pássaros, intensificar a frequência de higienização e de manutenção do aparelho de ar condicionado e mudar o “layout” interno, melhorando o fluxo de ar dentro da área de processamento.

6. Cuidados com os equipamentos e utensílios

As superfícies que entram em contato com as frutas e hortaliças devem ser adequadamente higienizadas, de forma a não incorporar contaminações de origem física, química ou microbiológica. Os equipamentos e utensílios usados na agroindústria são de aço inoxidável, como centrifugas para a remoção do excesso de água do material cortado, descascadores, mesas, tanques, boleadores, cubetadores e a lâmina de facas. Ou são de polipropileno, como tábuas para corte, cabos de facas, monoblocos e caixas.

A higienização correta inclui as etapas de pré-lavagem, uso de detergentes, enxágüe e sanitização. Deve-se usar água de boa qualidade, dentro dos padrões legais vigentes, e detergentes neutros, principalmente à base de agentes tensoativos. Os sanitizantes podem ser físicos, como água quente e vapor, ou

químicos, como os compostos clorados, iodados e de amônia quaternária, ácido peracético e clorhexidina. As condições higiênicas das superfícies são avaliadas por meio visual ou de contagem de microorganismos. Atualmente tem aumentado o uso da técnica do ATP-bioluminescência para avaliação das condições higiênicas das superfícies de equipamentos e utensílios.

6.1 Procedimento geral de higienização e sanitização de equipamentos

Nas agroindústrias de frutas e hortaliças minimamente processadas são aplicados os métodos de higienização manual e por imersão, não havendo procedimentos de higienização automatizados.

6.2 Preparo de soluções

As soluções de limpeza devem ser preparadas a partir de detergente neutro que não afete os manipuladores, adquirido de empresas idôneas, diluindo-o conforme recomendação do fabricante.

As soluções diluídas de sanitizantes químicos podem ser preparadas a partir de produtos comerciais concentrados disponíveis no mercado. Podem ser usadas soluções de hipoclorito de sódio ou de cloraminas orgânicas, na concentração de 100 mg/L de cloro residual total, devendo o pH situar-se em torno de 7,0. Soluções iodadas devem ser preparadas a partir de iodóforo, na concentração de 12,5 mg/L de iodo residual livre.

Em caso de higienização manual, o iodóforo deve ser formulado com ácido acético e acetato de sódio, para que a solução diluída apresente um pH em torno de 6,0. Se a higienização for efetuada por imersão, o iodóforo pode ser formulado com ácido fosfórico, com o pH da solução próximo de 3,0. Podem ser usadas, ainda, as soluções de amônia quaternária, na concentração de 400 mg/L e pH 9,0, ou de ácido peracético formulado com ácido peroctanóico, a 60 mg/L e pH 2,0, e clorhexidina, na concentração de 1.000 mg/L e pH 6,0. As soluções diluídas devem ser preparadas em água potável, à temperatura entre 20°C e 25°C.

6.3 Pré-lavagem

Esta operação é para retirar o excesso de impurezas e deve ser feita com água à temperatura entre 35°C e 40°C, para a remoção mecânica dos resíduos solúveis.

6.4 Lavagem com detergente

Se a higienização for manual, esfregar a superfície vigorosamente com escovas de cerdas macias ou de fibras, embebidas no detergente. Evitar esponjas e escovas com cerdas de aço. Se o método de higienização for por imersão, colocar os utensílios ou partes desmontáveis dos equipamentos em solução-detergente por trinta minutos.

6.5 Enxágüe

O enxágüe é para a remoção do detergente. Deve ser feito com água na temperatura entre 20°C e 25°C. Resíduos na superfície podem comprometer a sanitização, pela inativação do princípio ativo dos sanitizantes ou pela contaminação dos produtos processados com agentes químicos detergentes.

6.6 Secagem

Após o enxágüe, os equipamentos devem ser postos a secar naturalmente (preferencialmente) ou devem ser enxugados com um pano apropriado. Armazenar em local seco e protegido de respingos, poeiras, insetos e de outras fontes de contaminação.

6.7 Sanitização

Esta etapa do procedimento é fundamental e visa a diminuição do número de microorganismos nas superfícies de contato com produtos e a eliminação dos patógenos. A sanitização deve ser feita imediatamente antes do uso dos equipamentos e utensílios, com uma das soluções químicas preparadas conforme anteriormente indicado.

No método manual, um pano de limpeza, limpo, é embebido em solução sanitizante e friccionado na superfície dos utensílios. No método de imersão, utensílios e partes pequenas de equipamentos são imersas na solução durante vinte minutos.

6.8 Exemplos específicos de higiene e sanitização

O fatiador de legumes, conhecido como “robot coupe”, deve ser higienizado da seguinte forma: i) desligar o aparelho; ii) desparafusar como indicado pelo fabricante – geralmente no sentido horário – e remover o disco de corte; iii) retirar, com o auxílio de uma escova de cerdas médias, todo resíduo aderido e colocar o disco em solução detergente, para soltar as impurezas; iv) esfregar o corpo do equipamento, interna e externamente, com fibra embebida em solução detergente; v) enxaguar, removendo toda espuma visível; e vi) banhar o corpo do equipamento em solução sanitizante. Os discos dos equipamentos geralmente são de alumínio e por isso não devem ser usados produtos clorados para sanitização.

A higienização de pás de aço inoxidável ou de altileno, tabuleiros e bandejas pode ser efetuada assim: i) lavar em água corrente, removendo o excesso de impureza aderida; ii) esfregar manualmente toda a superfície com o auxílio de fibra embebida em solução detergente; iii) enxaguar em água corrente; iv) colocar os utensílios menores imersos em solução sanitizante por quinze a vinte minutos; v) deixar secar naturalmente; vi) guardar em local seco, protegido de poeira, respingos, insetos e outras fontes de contaminação.

As caixas de plástico e monoblocos são higienizados da seguinte maneira:

- i) lavar em água corrente, removendo o excesso de impureza solúvel aderida;
- ii) colocar em imersão em solução detergente;
- iii) esfregar toda a superfície com o auxílio de uma escova de cerdas duras embebida em solução detergente;
- iv) enxaguar em água corrente até a remoção dos resíduos;
- v) colocar os recipientes maiores imersos em solução sanitizante por quinze a vinte minutos;
- vi) deixar secar naturalmente;
- vii) guardar em local seco e protegido de poeira, respingos, insetos e outras fontes de contaminação.

A higienização do aparelho de ar condicionado deve ser feita conforme descrição a seguir.

Frente de plástico e gabinete: i) embeber um pano de limpeza em solução de água morna (temperatura máxima de 45°C) e detergente neutro; ii) enxaguar com pano úmido e deixar secar naturalmente. Importante: não usar escovas e fibras, pois riscam a superfície do aparelho, nem outro produto químico como ácidos, alcalinos e álcool, e também não jogar água diretamente sobre a frente de plástico do aparelho. Frequência de limpeza: uma vez por semana.

Filtros de ar: i) desligar o aparelho; ii) retirar o filtro da maneira como indicada para o modelo do aparelho; iii) lavar o filtro em água morna (temperatura máxima de 45°C) e detergente neutro; iv) enxaguar em água corrente; v) deixar secar à sombra; vi) recolocar o filtro na posição original. Frequência de limpeza: uma vez por mês, ou semanalmente em ambientes poluídos. Os trocadores de calor deverão ser limpos pelo menos uma vez por ano, ou mais frequentemente em locais onde for maior a concentração de poeira. A limpeza deve ser feita por pessoal técnico especializado.

Filtro de ar obstruído reduz a capacidade do condicionador, torna inadequada a climatização, congela o trocador de calor e aumenta o consumo de energia. O aparelho não pode ser posto para funcionar sem o filtro de ar, porque a poeira se instalará nos componentes internos e prejudicará o seu funcionamento. Há modelos que oferecem garantia de um ano contra defeitos de fabricação e de material e garantia de três anos contra corrosão do gabinete, desde que instalado a quinhentos metros da orla marítima ou de locais de alta concentração de compostos salinos, ácidos ou alcalinos e operado em condições normais de uso e de serviço.

7. Higienização da estrutura física e de ambientes

O teto do local de processamento de frutas e hortaliças raramente é higienizado e por isso mesmo deve ser de material pouco poroso, que não acumule poeira ou facilite a proliferação de fungos filamentosos. O teto contribuirá com a contaminação se permitir a condensação de água, que pode gotejar sobre as frutas e hortaliças prontas para consumo. É preferível fazer a limpeza imediatamente se houver respingos acidentais, pois estes podem servir de substratos para o crescimento de microorganismos.

As paredes devem ser revestidas de azulejos preferencialmente até o teto, ou pelo menos até a altura mínima 1,80 m. Devem ser limpas diariamente ao final de cada jornada de trabalho, removendo impureza e respingos.

Uma vez por semana, devem ser limpas todas as paredes do teto ao chão, a fim de evitar a proliferação microbiana e o acúmulo de impurezas. Para a higiene e sanitização, preparar as soluções detergentes e sanitizantes em recipiente adequado. Embeber um esfregão ou esponja ou fibra na solução detergente e esfregar, iniciando pelas partes mais altas das paredes e descendo até o piso. Enxaguar com o auxílio de uma mangueira ou balde.

A sanitização pode ser executada de várias maneiras: i) aplicando a solução sanitizante com um pano limpo, enrolado em vassoura previamente lavada e sanitizada; ii) aplicando a solução sanitizante com um pano limpo, usando apenas as mãos; iii) aplicando a solução sanitizante com auxílio de esguicho. Após a aplicação, deixar secar naturalmente.

O piso deve ser de material resistente a choque, a peso e à ação química de detergentes e sanitizantes. As canaletas devem estar estrategicamente colocadas em volta dos tanques, pias, mesas de corte e equipamentos, para evitar empoçamento de água no chão e manter a área de processamento seca. As grades das canaletas devem ser lisas e de preferência de aço inoxidável, que são mais fáceis de higienizar. O piso deve ser higienizado diariamente ao fim de cada jornada de trabalho ou tão logo alimentos e outros resíduos caiam no chão. As canaletas devem ser higienizadas pelo menos uma vez por dia.

Para a higienização do piso, soluções de detergente e sanitizante devem ser preparadas em recipientes adequados. Inicialmente, deve ser removida toda a impureza com auxílio de uma vassoura e uma pá. Devem-se levantar os estrados, equipamentos menores, cadeiras, tamboretas, carros de transporte, deixando o máximo de área livre. Remover as grades das canaletas e apanhar inclusive as que estiverem no interior das mesmas. Colocar as impurezas em sacos de lixo e levar para local apropriado. Espalhar a solução detergente em uma faixa do piso, trabalhando por áreas, e esfregar os cantos com o auxílio de uma vassoura do tipo piaçava.

Remover a espuma (formada com a assepsia), com o auxílio de um rodo, para a canaleta mais próxima e enxaguar com um pano enrolado em um rodo embebido em água, repetindo a operação até a completa remoção da espuma. Jogar água limpa com auxílio de um balde em direção à canaleta mais próxima. Cuidado adicional: os “sprays” de água, quando dirigidos ao chão e canaletas, podem formar aerossóis que propiciarão a suspensão de microorganismos, que, se depositados sobre os alimentos acondicionados, poderão alterá-los. A higienização do piso da maneira como sugerida evita esse problema.

A higienização total do ambiente deve seguir uma seqüência: primeiro o teto, depois a parede, o piso e finalmente as canaletas.

8. Qualidade da água

A água usada nas agroindústrias de processamento mínimo de frutas e hortaliças deve atender aos padrões de potabilidade da Portaria 1.469 do Ministério da Saúde, publicada em 2000. Em qualquer indústria de alimentos, a água é considerada matéria-prima, recebendo atenção especial quanto ao uso correto. Além de potável, a água requer tratamentos específicos em função do uso e um programa eficiente de monitoramento.

Mais de dois mil contaminantes já foram detectados em água não tratada. Cerca de setecentos e quarenta deles também em água potável. Na impossibilidade de execução de um número tão elevado de análises, a legislação se fundamenta em um conjunto de testes que indicam a qualidade da água em uso. A legislação preconiza a análise de cerca de noventa itens, que abrangem as principais categorias de contaminantes.

As análises organolépticas compreendem os testes de turbidez, sabor, odor e temperatura. O grupo de análises relacionadas aos riscos à saúde humana abrange metais pesados, pesticidas, solventes orgânicos, nitratos, nitritos e microorganismos patogênicos. Indicadores de possibilidade de formação de depósitos, de incrustações e de processos corrosivos em superfícies também devem ser avaliados, dentre eles: cobre, ferro, zinco, cálcio, sulfatos, sílica, bicarbonatos, ácido carbônico e oxigênio. Indicadores de poluição como a presença de amônia, idem. Finalmente, as análises microbiológicas avaliam a qualidade higiênico-sanitária da água por meio da contagem de mesófilos aeróbios e de coliformes totais e fecais.

Geralmente órgãos governamentais brasileiros adotam metodologias analíticas propostas pela American Public Health Association (APHA) (GREENBERG *et al.*, 1992). Planos de amostragem consideram os pontos de coleta e a frequência dos testes, que devem ser suficientes para avaliar a qualidade da água sem perda de tempo e não onerosos.

A água usada em agroindústrias no processamento de frutas e hortaliças normalmente é originária de sistemas de abastecimento público ou recebe tratamentos convencionais como sedimentação com agentes flocculantes, decantação, filtração e desinfecção, no próprio estabelecimento processador. Qualquer que seja a origem, a água deve ser monitorada.

Quando a indústria é recém-instalada e na ocorrência de mudanças drásticas no sistema de tratamento e de distribuição, ou, ainda, de poluição ambiental devido a acidentes, a água deve ser submetida a uma avaliação completa, envolvendo todas as análises exigidas pela Portaria 1.469, do Ministério da Saúde. Por outro lado, a agroindústria deve estar atenta ao envio, obrigatório, por exigência da legislação vigente, de amostras de água para análises periódicas em laboratórios oficiais ou credenciados pelos órgãos governamentais. A agroindústria deve estabelecer, ainda, as análises de água a

serem monitoradas pelo seu controle de qualidade interno, definindo locais de coleta, especificações, metodologias analíticas e planos de amostragem, dentre outras necessidades.

A definição dessas análises depende das características da agroindústria e da origem e do histórico da qualidade da água usada. A seguir se encontram algumas sugestões de análises, que deverão ser ajustadas de acordo com o nível tecnológico da agroindústria (Tabela 1).

Tabela 1. Sugestões de análises para o controle interno de qualidade da água usada em agroindústrias de frutas e hortaliças minimamente processadas.

As amostras deverão ser coletadas em um ponto anterior à chegada da água ao reservatório principal e em um outro ponto dentro da área de processamento. As metodologias analíticas são as preconizadas pelo “Standard methods for examination of water and wastewater” (GREENBERG *et al.*, 1992).

9. Referências bibliográficas

ALZAMORA, S. M.; TAPIA, M. S.; LÓPEZ-MALO, A. **Minimally processed fruits and vegetables**: fundamental aspects and applications. Maryland: An Aspen Publication, 2000. 360 p.

BASTOS, M. S. R; SOUZA FILHO, M. S. M; ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, H. A. C.; BORGES, M. F. Processamento mínimo de abacaxi e melão. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. p. 89-94.

BRACKETT, R. E. Incidence, contributing factors, and control of bacterial pathogens in produce. **Postharvest Biology and Technology**, v. 15, p. 305-311, 1999.

DONADON, J. R. **Produtos minimamente processados de mangas 'Tommy Atkins', 'Keitt' e 'Parvin'**. 2001. 67 f. Monografia (Trabalho de graduação em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal, SP, 2001.

FDA – FOOD DRUG ADMINISTRATION. **Secondary direct food additives permitted in food for human consumption**. Code of federal regulations. Title 21 – Foods and Drugs. v. 3. Revised in april-2002. Part 173. Section 173.315. 2000. Disponível em: <<http://www.accessdata.fda.gov/>>. Acesso em: 12 mar. 2003.

GREENBERG, A. E.; CLESCERI, L. S.; EATON, A. D. (Ed.). **Standard methods examination of water and wastewater**. 18 ed. Washington: APHA, 1992.

HAYES, R. P. **Food microbiology and hygiene**. 2nd ed. London: Chapman & Hall, 1995. 516 p.

IFPA – INTERNATIONAL FRESH-CUT PRODUCE ASSOCIATION. **Food safety guidelines for the fresh-cut produce industry**. 4th ed. Washington, DC, EUA, 2001. 213 p.

MATTIUZ, B. H.; DURIGAN, J. F., SARZI, B. Aspectos fisiológicos de goiabas 'Pedro Sato' e 'Paluma' submetidas ao processamento mínimo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 8., 2001, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: Sociedade Brasileira de Fisiologia, 2001. CD-ROM.

SALUSTIANO, V. C. **Avaliação da microbiota do ar de ambientes de processamento em uma indústria de laticínios e seu controle por agentes químicos**. 2002. 48 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2002

SARZI, B. **Conservação de abacaxi e mamão minimamente processados: associação entre o preparo, a embalagem e a temperatura de armazenamento**. 2002. 100 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal, SP, 2002.

SVEUM, W. H.; MOBERG, L. J.; RUDE, R. A.; FRANK, J. F. Microbiological monitoring of the food processing environment. In: VANDERZANT, C.; SPLITTSTOESSER, D. F. (Eds.). **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 3rd ed. Washington: APHA, 1992. p. 51-74.

TEIXEIRA, G. H. A.; DURIGAN, J. F.; MATTIUZ, B. H.; ALVES, R. E.; SILVA, J. A. A. Suscetibilidade ao escurecimento de sete genótipos de carambola (*Averrho carambola* L). In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 4, 2001, Campinas. **Livro de resumos...** Campinas, SP: UNICAMP, 2001. 295 p.

Capítulo 4

Segurança dos alimentos

*Maria S. R. Bastos
Ricardo E. Alves*

1. Introdução

Com o aumento da população e, portanto, da necessidade de armazenar alimentos com qualidade por períodos mais prolongados, viabilizada por meio de tecnologia avançada, requer-se maior controle e novas regulamentações relativas à segurança de produtos alimentícios.

Nas últimas décadas, o aumento de infecções por alimentos tem sido preocupação mundial das organizações responsáveis pela saúde pública. A epidemiologia de doenças causadas por microorganismos presentes em alimentos tem mudado, em função de fatores como aumento da susceptibilidade da população, mudanças no comportamento alimentar e aparecimento de microorganismos emergentes e reconhecidos como patógenos, que estão envolvidos na produção, processamento e distribuição de alimentos (FORSYTHE, 2002).

A segurança dos alimentos tem sido amplamente discutida por causa do aumento do número de casos de surtos e pela importância desse fator no comércio internacional de alimentos. Para minimizar esses problemas, estão sendo desenvolvidas boas práticas de produção e criados e regulamentados novos parâmetros de produção e processamento (STEWART *et al.*, 2002).

O consumo de frutas e hortaliças minimamente processadas tem crescido devido à sua praticidade, à semelhança de suas características às frutas e hortaliças frescas e à expectativa de qualidade e segurança.

Apesar dos benefícios, discute-se largamente a segurança desses produtos devido à incidência de microorganismos deterioradores e patogênicos, veículos de algumas doenças, e à perda de qualidade do produto. Para garantir a inocuidade das frutas e hortaliças minimamente processadas, os processadores devem adotar certos procedimentos em todos os elos da cadeia produtiva.

Neste capítulo são discutidos os principais fatores e medidas de controle associados à segurança da cadeia de produção de frutas e hortaliças minimamente processadas, objetivando minimizar os perigos. São tomadas como referências as ferramentas de segurança como as boas práticas agrícolas (BPA), as boas práticas de fabricação (BPF) e sistemas de análise de perigos e pontos críticos de controle (APPCC).

2. Fatores de risco

Os perigos nos alimentos são relacionados a toda contaminação de origem química, física e microbiológica. As frutas e hortaliças, como todo produto da agricultura, são fontes potenciais de contaminantes que podem oferecer riscos à saúde pública se medidas de segurança não forem adotadas em toda a cadeia de produção. Dentre os contaminantes, os microbiológicos são os de maior interesse na saúde pública e são o foco principal deste capítulo.

Os microorganismos patogênicos *Listeria monocytogenes*, *Salmonella*, *Clostridium botulinum* e *Escherichia coli* são os mais associados à agricultura. (IFPA, 2001). Muitas estirpes desses microorganismos são habitantes naturais do intestino humano e geralmente são inofensivos. Entretanto, outras estirpes como *E. coli* O157:H7 e *Salmonella* são capazes de causar doenças e morte no ser humano.

O processamento mínimo, em razão do manuseio e do aumento de injúrias mecânicas, pode favorecer a contaminação de frutas e hortaliças por microorganismos deterioradores e patogênicos, que por sua vez aceleram a degradação e a perda de qualidade e reduzem o tempo de vida útil dos produtos. As operações de processamento mínimo não asseguram esterilidade ou estabilidade microbiológica. A proliferação microbiana é influenciada pelo metabolismo do tecido da planta e pela atmosfera modificada no interior da embalagem. A proliferação deve ser retardada para garantir a segurança e a aceitabilidade dos produtos (VANETTI, 2000).

As medidas de segurança e controle compreendem todo o ciclo de produção no campo, a colheita, o processamento e a distribuição dos produtos.

2.1 Fatores pré-colheita e colheita

Nesta etapa, vários fatores podem comprometer as frutas e hortaliças, entre os quais se destacam: as práticas agronômicas, o uso de água contaminada para irrigação, a aplicação imprópria de esterco para fertilização do solo, a qualidade do solo e a presença de animais domésticos, que podem contaminar o ambiente.

A água para irrigação e os fertilizantes orgânicos devem ter a fonte identificada (própria do município, reutilizada de sistemas de irrigação, reservas naturais, rios, canais, outras) e devem ser monitorados com controles microbiológicos. A frequência dos testes varia de acordo com os riscos associados às fontes de captação. Devem-se prever também ocasionais contaminações temporárias como as provocadas por chuvas e inundações. Lamikanra (2002) relata que hortaliças irrigadas com água contendo resíduos de material fecal foram responsáveis por surtos de cólera no Chile e na Costa Rica no início dos anos 90 do século passado.

O Centro de Controle de Doenças (CDC) dos Estados Unidos detectou, no período de 2000 a 2002, vários casos de salmonelose causados por melões cantaloupes provenientes do México. A maioria dos casos foi associada à contaminação por *Salmonella poona*, veiculada por répteis como iguanas (CDC, 2002). Insetos têm sido relatados como vetores de *E. coli* O157:H7 em maçãs, infectadas a partir de injúrias nos tecidos (DINGMAN, 2000).

Esterco, biossólidos e outros fertilizantes naturais devem ser administrados cuidadosamente, para minimizar os perigos microbiológicos, físicos e químicos.

Para reduzir patógenos, recomenda-se a compostagem, pasteurização, secagem a quente ou ao sol, irradiação ultravioleta ou a combinação desses tratamentos. Os esterco devem ser armazenados em locais afastados da área de produção.

Estudos relatam que esterco usados como fertilizantes são fontes potenciais de *E. coli* 0157:H7 e *Salmonella*. Beuchat (2002) cita que *E. coli* 0157:H7 sobreviveu em esterco bovinos por 42 dias a 49 dias a 3°C e por 49 dias a 56 dias a 22°C, e foi detectado em alface contaminada por esterco quando estocada a 4°C por quinze dias (BEUCHAT, 1999).

O solo deve ser avaliado quanto ao seu potencial microbiológico para o cultivo, principalmente em relação à contaminação fecal. Se apresentar níveis excessivos, deve ser corrigido antes do plantio. E se o risco de contaminação não puder ser eliminado, não se deve plantar nesse solo.

O controle no campo deve ser realizado por pessoal especializado em boas práticas agrícolas, respeitando as características de cada cultivo.

A contaminação de frutas frescas no campo inclui outros fatores intrínsecos e extrínsecos. São fatores muito complexos e ainda não são conhecidos alguns mecanismos de adesão de microorganismos. Documentos como o *Guide to Minimize Microbial Food Safety Hazards for Fresh-Fruits and Vegetables* e o *Code of Hygienic Practice for the Primary Production, Harvesting and Packaging of Fresh Fruits and Vegetables*, publicados pelo CODEX Alimentarius (www.codexalimentarius.net) contemplam os principais requisitos de segurança e qualidade associados aos riscos físicos, químicos e biológicos na produção.

2.2 Fatores pós-colheita

Após a colheita, o contato humano e mecânico tem maior influência na contaminação dos produtos destinados ao processamento. Frutas e hortaliças podem ser contaminadas por manuseio, por animais domésticos, pelo ambiente interno e externo de “packing-houses”, por esteiras transportadoras, por equipamentos e utensílios, por instalações sanitárias, pela água de lavagem, por caixas e/ou monoblocos, por “pallets” e por meios de transporte.

Brackett (1999) aponta os trabalhadores como fator que tem influência direta na contaminação de frutas durante a colheita e a pós-colheita. Os trabalhadores de campo têm as mais variadas culturas em relação às práticas sanitárias de rotina; por isso, é preciso treinamento constante para conscientizá-los da necessidade de adotar procedimentos comuns, como forma de minimizar os riscos de contaminação microbiológica na manipulação de frutas e hortaliças.

Ackers *et al.* (1997) também consideram os trabalhadores rurais como principal fonte de contaminação, associando-os a surtos de cólera com melões cortados. A disponibilidade de infra-estrutura adequada, como banheiros próximos

à área de trabalho, é importante na redução de contaminação por parte dos trabalhadores. O hábito de fumar, espirrar, tossir e comer nos “packing-houses” e/ou câmaras de armazenamento deve ser monitorado.

Equipamentos, contentores e utensílios usados no processamento e armazenamento devem ser de materiais não tóxicos e de configuração que facilite a limpeza e a sanitização adequadas. Contaminação de framboesas e melões minimamente processados tem sido associada a colhedores (BEUCHAT , 2002; LAMIKANRA, 2002).

Um plano de higienização é importante para reduzir a colonização de microorganismos deterioradores e não-deterioradores. A ausência ou a ineficiente sanitização podem promover a formação de biofilmes, que são agregados microbianos que abrigam bactérias, leveduras e fungos encontrados em superfícies de plantas (BEUCHAT, 2002). Esses biofilmes provêm um ambiente protetor para patógenos, reduzindo a eficiência de sanitizantes e de outros agentes inibidores. Fett (2000) detectou a presença de biofilmes em cotilédones e raiz de alfasas, brócolis, cravo da índia e brotos de alfafa e concluiu que os biofilmes nesses brotos ocorrem naturalmente e protegem a colonização de patógenos como *Salmonella* e *E. coli* 0157:H7.

Também devem ser tomadas medidas para evitar a contaminação cruzada. Nenhum local deve favorecer a contaminação dos produtos. Frutas e hortaliças frescas, mas impróprias para consumo, devem ser descartadas. Contentores usados no transporte de comida, combustíveis, esterco e ferramentas não devem ser utilizados para carregar frutas e hortaliças.

Medidas de segurança devem ser também adotadas no resfriamento das frutas e hortaliças. Recomendam-se métodos eficazes de resfriamento rápido, pois somente a refrigeração não é capaz de assegurar totalmente a qualidade e a segurança dos produtos. Dependendo do método (resfriamento com ar forçado ou com água), a água, a temperatura e a velocidade do ar devem ser monitoradas. A água deve ser potável, para minimizar os riscos de contaminação biológica. A temperatura e a velocidade do ar têm a função de remover o calor de campo das frutas e hortaliças e reduzir assim a taxa respiratória e, conseqüentemente, retardar o amadurecimento. Devem ser ajustadas de acordo com a característica de cada produto a ser resfriado.

Arthey e Ashurst (2001) argumentam que o pré-resfriamento para melões e maçãs é benéfico. A temperatura da polpa de melão no momento da colheita geralmente é de aproximadamente 40°C, e o tratamento permite a retirada de 2,2 kw/t a 5°C durante vinte e quatro horas. Já a polpa da maçã no momento da colheita chega a 20°C, e o calor de 1 kw/t é retirado pela estocagem de 0°C por vinte e quatro horas.

A importância do resfriamento rápido para a segurança desses produtos está associada principalmente à questão de infiltração de microorganismos no

interior dos tecidos, principalmente em frutas. A infiltração se dá através de fendas, espaços intercelulares e injúrias e por isso é mais freqüente e menos complexa do que a que ocorre em produtos isentos de rachaduras ou outros danos.

Estudos relatam que a infiltração aumenta quando a temperatura do fruto é maior que a temperatura da suspensão de células na água. Independentemente do modo de infiltração, as células estabelecem microcolônias que são extremamente difíceis de serem retiradas com soluções químicas aquosas. Zhuang *et al.* (1995), Bartz (1999) e Burnett *et al.* (2000) expressam em seus trabalhos que a infiltração de patógenos nos tecidos internos de frutas e hortaliças depende da temperatura, tempo e pressão, e somente ocorre quando a pressão da água na superfície do produto sobrepõe a pressão interna do gás e a natureza hidrofóbica da superfície do produto.

As câmaras frias são uma opção para o acondicionamento desses produtos. Entretanto, elas não podem sofrer flutuações na temperatura, que deve ser controlada de acordo com cada fruto. Além da temperatura, atenção deve ser dada à umidade relativa de equilíbrio das câmaras, para que o produto não absorva ou perca umidade, ocasionando perda de qualidade. Evitar também que a água do evaporador condense e caia sobre as frutas e hortaliças.

2.3 Processamento

Nesta etapa, os fatores relacionados à segurança estão vinculados à matéria-prima, à unidade de processamento e ao processo. Em cada item, vários pontos devem ser avaliados e monitorados, para minimizar os riscos e reduzir e/ou eliminar os perigos microbiológicos. De modo geral, adota-se a Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC), que é o sistema de segurança de alimentos recomendado mundialmente. Entretanto, para alcançar êxito na sua implantação, recomenda-se a adoção de pré-requisitos como as Boas Práticas Agrícolas (BPA's), as Boas Práticas de Fabricação (BPF's) e os Procedimentos Operacionais Padrões de Sanitização (POPS). As BPA's, naturalmente, são adotadas ainda no campo, antes do processamento.

As BPF's são um conjunto de princípios e regras para o correto manuseio de alimentos, abrangendo desde as matérias-primas até o produto final, de forma a garantir a segurança e a integridade do consumidor. No processamento mínimo de frutas e hortaliças é imprescindível a adoção deste programa, para reduzir os pontos críticos de controle. Os requerimentos mínimos de BPF numa unidade de processamento compreendem: projetos de instalações (estrutura física), tratamento do lixo, programa de qualidade da água, recebimento e armazenamento de matéria-prima, qualidade da matéria-prima e dos ingredientes, higiene pessoal, controle integrado de pragas, projeto sanitário dos equipamentos, manutenção preventiva dos equipamentos, limpeza e sanitização de equipamentos e utensílios, calibração de instrumentos, limpeza e conservação de instalações hidráulicas, instalações elétricas, programa de

recolhimento (“recall”), encaminhamento de reclamações dos consumidores e importadores, garantia e controle de qualidade e treinamento de funcionários (SENAI, 2000).

O ambiente da unidade processadora é uma fonte de contaminação. A alta umidade e outras características da estrutura física favorecem o desenvolvimento de microorganismos. As indústrias de processamento mínimo são locais propícios para o desenvolvimento de *L. monocytogenes*, que são microorganismos psicrótróficos, cuja presença é favorecida pela umidade e frio das salas de processamento e das câmaras de armazenagem, que funcionam sob temperaturas entre 4°C e 7°C. A água e o gelo usados no processamento são outros veículos para esses microorganismos (IFPA, 2001).

Além do ambiente e das instalações, os empregados, como já dito antes, são considerados as maiores fontes de contaminação. Todos devem passar por treinamentos sobre práticas higiênicas e operações de limpeza e desinfecção da unidade. A gerência da indústria deve monitorar e dispor de mecanismos para avaliação dos funcionários em relação ao controle de doenças e a programas educacionais de limpeza. Pessoas com resfriado e outras doenças contagiosas não devem ficar na área de produção. Os funcionários devem vestir uniformes limpos, trocados diariamente, e usar gorros, luvas, botas e outros acessórios necessários para evitar a contaminação dos alimentos. A unidade deve dispor de instalações sanitárias suficientes e adequadas, para que o pessoal da produção possa fazer sua higiene pessoal apropriada. A Food Drug Administration (FDA) recomenda o uso de sabão e/ou detergentes e sanitizantes ($< 100 \text{ mg L}^{-1}$) para limpeza das mãos (IFPA, 2001; SENAI, 2000).

Outros requerimentos devem constar em um manual de boas práticas de acordo com as exigências de segurança para cada produto. No Brasil, as Boas Práticas de Fabricação têm seu suporte legal nas seguintes portarias: nº 326, de 30/7/97, da Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde (BRASIL, 1997) e nº 368, de 4/9/97, do Ministério da Agricultura e do Abastecimento (BRASIL, 1997). De fato, o sistema BPF foi introduzido legalmente no Brasil em 1993, com a edição da Portaria nº 1.428, do Ministério da Saúde (BRASIL, 1993).

A adoção das BPF's em unidades de processamento mínimo de frutas e hortaliças serve de base para programas de sanitização como os POPs. A segurança dos produtos está relacionada principalmente à higiene e à sanitização. Assim, todos os procedimentos de limpeza antes e após o processamento devem ser estabelecidos para minimizar os riscos microbiológicos e garantir a segurança do produto final. Os POPs são descritos na Resolução da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – RDC nº 275, de 21/10/2002.

No processamento mínimo de frutas e hortaliças, diversos requisitos de BPF devem ser observados (Tabela1)

Tabela 1. Requisitos de BPFs a serem adotados em unidades processadoras de frutas e hortaliças.

As BPF's lidam com os pontos críticos de controle e são fundamentais na implantação de um sistema de segurança como o APPCC. O sistema APPCC é um meio sistemático de identificação de perigos na produção de alimentos, que avalia o risco e determina a área onde o controle é necessário. É um sistema interativo que envolve todo pessoal de produção e está focado na prevenção de perigos com embasamento científico.

O sistema é baseado em sete princípios básicos: conduzir análise de perigos, determinar os pontos críticos de controle (PCCs), estabelecer limites críticos, estabelecer procedimentos de monitoramento, estabelecer ações corretivas, estabelecer procedimentos de verificação e estabelecer procedimentos de documentação e registro (FORSYTHE, 2002).

O sistema APPCC para produtos minimamente processados consiste de barreiras para controlar o crescimento de patógenos, pois não existe uma única etapa que elimine esses microorganismos. Na revisão do Código de Alimentos da FDA foi estabelecido que todo processador de alimentos, varejista e distribuidor

deveria implementar um programa de segurança baseado nos conceitos do APPCC. A indústria de pré-cortados e de minimamente processados tem sido pressionada para atender a essa recomendação, pois seus produtos têm sido apontados como os principais causadores de doenças infecciosas nos EUA.

3. Aplicação do sistema APPCC

Os perigos que rondam produtos minimamente processados estão em toda a cadeia produtiva desses alimentos, desde a produção da matéria-prima até a sua distribuição. O sistema APPCC pode ser aplicado em todas as etapas do processamento.

3.1 Recebimento da matéria-prima

Os principais perigos nesta etapa são os microorganismos oriundos do campo e da água a ser usada nos diferentes processos. A microbiota de frutas e hortaliças carregada do campo caracteriza-se pela presença de *Pseudomonas* spp, *Erwinia herbicola* e *Enterobacter agglomerans*. Bactérias do ácido lático como *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactobacillus* spp. e leveduras são encontradas principalmente em frutas. O gênero *Pseudomonas* geralmente é responsável por 50% a 90% da população microbiana de hortaliças (IFPA, 2001). Entretanto, há outros patógenos relevantes nesses produtos: *Salmonella*, *Shigella*, *Campylobacter*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium botulinum*, *Bacillus cereus*, espécies de *Vibrio*, vírus da hepatite A e Norwalk, além de fungos como *Cryptosporidium* e *Cyclospora* (CHERRY, 1999).

Na recepção, as frutas são submetidas a lavagem com água corrente, para retirar as impurezas da superfície e reduzir a carga microbiana inicial. Esta lavagem não é suficiente para a remoção dos microorganismos presentes. Ela reduz pelo menos um ciclo log, mas esta redução depende de fatores como carga microbiana inicial, tipo de microorganismo e método de lavagem (LAMIKANRA, 2002).

Wisniewsky *et al.* (2000) avaliaram o efeito da lavagem com água, em comparação com outros sanitizantes, de maçãs inoculadas com *E. coli* O157:H7 ($1,4 \times 10^8$ UFC/mL) e concluíram que a lavagem por cinco minutos reduziu dois ciclos logs ($1,5 \times 10^6$ UFC/mL). A redução foi atribuída à remoção física da bactéria da superfície da maçã.

Sapers *et al.* (2001) avaliaram tratamentos microbianos de melões minimamente processados e verificaram que a lavagem da superfície da fruta, com água à temperatura de 20°C e 50°C, resultou na redução < 1 ciclo log da população de microorganismos endógenos.

Quando os microorganismos trazidos do campo são de uma flora predominantemente de deterioradores, esta etapa pode ser considerada um Ponto de Controle (PC), pois as etapas subseqüentes eliminarão o perigo ou o manterão em níveis aceitáveis por meio de pré-requisitos. Tratando-se de patógenos, a

etapa é um Ponto Crítico de Controle (PCC), no caso de o perigo não poder ser eliminado nas etapas subsequentes, pois para a maioria deles o limite crítico é ausência.

Em relação à água a ser usada no processamento, a IFPA (2001) sugere padrões microbiológicos de contagem global de bactéria (< 1000 UFC/mL), de coliformes (< 1 UFC/ml) e de psicotróficos (< 10 UFC/mL).

Na avaliação dos perigos e na identificação dos Pontos Críticos de Controle, o conhecimento da ecologia microbiana de cada produto a ser trabalhado é imprescindível.

3.2 Armazenamento

Os produtos que não forem processados após a chegada na indústria devem ser armazenados em câmaras frias, sob temperaturas entre 5°C e 10°C, para a manutenção da sua qualidade e segurança. Os perigos associados a esta etapa são microorganismos remanescentes que podem se multiplicar com as flutuações de temperatura e/ou com a contaminação cruzada advinda da câmara e ou de caixas usadas para armazenar os produtos. Considera-se esta etapa um Ponto de Controle (PC), pois os fatores que implicam ocorrência de riscos podem ser controlados com temperatura, sanitização das caixas e das câmaras e tempo de permanência dos produtos nas câmaras.

3.3 Sanitização da superfície dos produtos

Esta etapa consiste na remoção dos microorganismos aderidos à superfície dos produtos, principalmente de frutas. A adesão de bactérias à superfície é influenciada não somente pela carga superficial da célula e pela hidrofobicidade, mas, também, pela presença de flagelos e polissacarídeos extracelulares. (FRANK, 2000).

Estudos mostram a importância da relação da carga superficial da célula e da hidrofobicidade na força de adesão de patógenos como *Salmonella*, *Listeria* e *E. coli* (estirpe O157:H7) na superfície do melão cantaloupe. A *Salmonella* tem maior força de adesão, seguida da *E. coli* e *Listeria* (UKUKU e FETT, 2002).

Esta etapa é caracterizada como Ponto Crítico de Controle (PCC), pois elimina ou reduz a níveis aceitáveis os microorganismos presentes na casca. Deve-se controlar a concentração, a temperatura e o pH da solução sanitizante.

Vários trabalhos de sanitização de superfícies de frutas frescas e de frutas destinadas ao processamento mínimo têm sido realizados com compostos clorados, visando melhoria da qualidade e segurança. Ukuku e Fett (2002) avaliaram a eficácia de hipoclorito de sódio (1.000 mg/L/2min com pH 6,5) e peróxido de hidrogênio (5% por dois minutos) em melões cantaloupes inoculados com *Listeria monocytogenes* (10⁸ UFC/mL) por 0, 1, 3, 6, 9 e 15 dias a 4°C. Os resultados

mostraram que, nos dois tratamentos com vinte e quatro horas, houve redução na população do microorganismo abaixo do nível de detecção (2 UFC/cm²).

Com cinco e quinze dias de inoculação, a população de *L. monocytogenes* continuou em níveis abaixo do nível de detecção (2 UFC/cm²). No mesmo experimento, a redução de bactérias mesofílicas e de bolores e leveduras, em vinte e quatro horas, foi de 3 ciclos logs e 1,5 ciclo log, respectivamente, sendo que, com cinco e quinze dias, a população desses microorganismos não foi reduzida completamente. Entretanto, Ukuku e Sapers (2001) e Ukuku *et al.* (2001) relataram a inabilidade de hipoclorito e do peróxido de hidrogênio na redução de *Salmonella stanley* e de *E. coli* na superfície de melões cantaloupes após três ou mais dias de estocagem a 4°C.

A atenção às características da superfície das frutas auxilia no conhecimento do nível de adesão de microorganismos, principalmente os patogênicos, e ajuda no desenvolvimento de tratamentos mais efetivos na lavagem e sanitização das superfícies desses produtos, promovendo assim maior segurança aos produtos minimamente processados.

3.4 Descascamento e corte

Nestas etapas pode também ocorrer o desenvolvimento de patógenos e deterioradores, pois há transferência direta da flora aderida na superfície dos frutos para o tecido interno do produto. Existem alguns métodos de corte e descascamento mecânico na escala industrial, mas o emprego desses métodos deve ser avaliado, pois, dependendo da intensidade das injúrias causadas nos frutos, elas podem ser porta de entrada para muitos deterioradores e patógenos. Alzamora *et al.* (2000) recomendam o método manual.

Os riscos desta etapa concentram-se na matéria-prima, nos equipamentos, nos utensílios, no pessoal e no ambiente. Mas os perigos podem ser controlados pelos pré-requisitos, sendo então estas etapas um Ponto de Controle (PC).

Gayler *et al.* (1995) mostraram que o tecido interior da melancia poderia ser contaminado por *Salmonella* se o microorganismo estivesse presente na casca ou na faca usada para corte. Similarmente, a transferência de *Salmonella* da superfície de tomate para o interior do tecido durante o corte foi relatada por Lin e Wey (1997). O suco expelido das células danificadas durante o corte provém de um substrato nutritivo para desenvolvimento microbiano e é rico em açúcares e proteínas. Portella e Cantwell (2001) avaliaram a intensidade do corte feito com lâminas com maior e menor poder cortante na qualidade microbiológica de melões minimamente processados estocados a 5°C. Os resultados mostraram que não houve diferença significativa na contagem de bactérias mesófilas e de bolores e leveduras até o décimo segundo dia, para as lâminas usadas.

Em trabalho com melão minimamente processado, Ukuku e Sapers (2001) recomendam a sanitização de facas, colheres, tábuas, equipamentos e mesas de

preparo com 1.000 mg/L durante dez minutos e 200 mg/L de Cl_2 (0,21% de hipoclorito de sódio com pH ajustado para 6,5), para evitar a contaminação cruzada. Portella e Cantwell (2001) recomendam a imersão do equipamento de corte em 1.000 mg/L de hipoclorito de sódio por trinta minutos, para minimizar a contaminação de melões minimamente processados.

3.5 Enxágüe e sanitização

Estas etapas dizem respeito principalmente ao processamento de hortaliças. Os produtos podem ser contaminados pela água, nos tanques e por manipuladores. São consideradas Pontos de Controle (PC), pois os perigos podem ser controlados com os pré-requisitos. O monitoramento das soluções de enxágüe e sanitização deve concentrar-se na temperatura da água (que deve ser de 4°C), na concentração do cloro ativo (ajuste de pH) e no tempo de imersão dos produtos.

As hortaliças geralmente são enxaguadas com água para a remoção do sanitizante, buscando assim aumentar a vida útil sensorial do produto (ALZAMORA *et al.*, 2000). Para as frutas, não é necessário o enxágüe; elas geralmente passam apenas por uma segunda sanitização, que também é chamada de enxágüe, com o objetivo de reduzir a possível contaminação proveniente de etapas anteriores e a oxidação enzimática durante a estocagem.

Melões minimamente processados submetidos a uma solução de 5% de H_2O_2 apresentaram resíduo da ordem de 25 mg/L do sanitizante e redução de *Pseudomonas* de 0,68 ciclo logarítmico, quando comparado ao controle. Com cloro (concentração não especificada), a redução do mesmo microorganismo foi de 0,12 ciclo log (SAPERS e SIMMONS, 1998).

3.6 Centrifugação e Drenagem

A centrifugação e a drenagem removem o excesso de líquido adquirido pelos produtos nas etapas anteriores. A centrifugação é usada para a maioria das hortaliças. A contaminação dos produtos pode ocorrer pelo contato destes com paredes contaminadas da centrífuga. Por isso, cuidado extremo deve ser tomado na higienização desse equipamento. A drenagem das frutas minimamente processadas é realizada com peneiras de aço inoxidável.

Estas etapas são consideradas Pontos de Controle (PC), e o fator que deve ser controlado é o tempo para a remoção do excesso de água. Para hortaliças, recomendam-se três a dez minutos de centrifugação; e para a maioria das frutas, de um a três minutos de drenagem.

3.7 Seleção

Esta etapa aplica-se somente às hortaliças e é considerada Ponto de Controle (PC). É importante retirar as partes estragadas remanescentes de todo o processo. A maior fonte de contaminação são as mesas de seleção, utensílios e manipuladores.

3.8 Embalagem

As frutas e hortaliças minimamente processadas respiram e assim são susceptíveis à contaminação durante todo o processo. A embalagem protege os produtos contra danos e novas contaminações por microorganismos. Entretanto, se não forem levadas em consideração as características de cada fruta, microorganismos poderão se desenvolver no produto embalado.

A embalagem com atmosfera modificada (AM) constitui uma barreira física para o desenvolvimento da flora remanescente de deterioradores e/ou patógenos. Entretanto, a ecologia microbiana de frutas e hortaliças minimamente processadas ainda é pouco pesquisada. Investigações devem ser realizadas para saber como a embalagem influencia a qualidade e a segurança de cada produto (LAMIKANRA *et al.*, 2002).

Os sistemas mais comuns de embalagem para esses produtos são os de atmosfera modificada. Ocorre que a sobrevivência e o crescimento de microorganismos nesse tipo de embalagem são afetados por O_2 e CO_2 . Os microorganismos respondem diferentemente a concentrações de gases. Em geral, bactérias aeróbicas Gram-negativas são mais sensíveis a CO_2 , ao passo que microorganismos que requerem ou crescem melhor em condições de baixo O_2 são mais resistentes. Bolores são mais sensíveis a CO_2 que leveduras fermentativas. Portanto, fatores tais como o número e tipo de microorganismos, os nutrientes e a temperatura podem influenciar na habilidade de um certo microorganismo sobreviver e crescer em produtos minimamente processados em atmosfera modificada (IFPA, 2001).

Esta etapa é considerada um Ponto Crítico de Controle (PCC), tanto para frutas como para hortaliças, pois somente poucos filmes no mercado são bastante permeáveis para equilibrar a respiração no interior da embalagem. Muitos filmes não resultam em ótima composição de CO_2 e O_2 , especialmente quando o produto tem alta taxa respiratória. Apesar desse sistema aumentar a vida de prateleira do produto e permitir a distribuição, comercialização e alguns dias de estocagem em casa, ele também afeta a segurança microbiológica de várias formas. A primeira é que a atmosfera modificada pode mudar o microambiente ao redor do produto de tal forma que muitos microorganismos poderão se desenvolver, particularmente o *Clostridium botulinum*, que pode crescer se for criada uma condição de anaerobiose e de temperaturas abusivas. A segunda forma diz respeito a patógenos psicrótróficos, que podem se desenvolver sem que o produto apresente defeitos sensoriais visíveis (BRACKETT, 1999).

A *Listeria* é um patógeno que pode crescer em frutas minimamente processadas à temperatura de refrigeração. Sob atmosfera modificada, se a flora competitiva for suprimida, *Listeria* pode se desenvolver em larga escala e causar doenças. Existe evidência de que AM não inibe ou impede o crescimento deste patógeno (IFPA, 2001).

A composição de gases é um fator que deve ser controlado nesta etapa. Para maior segurança, devem-se conhecer os perigos em potencial de cada produto, a permeabilidade dos filmes e a taxa de respiração das frutas e hortaliças.

O benefício da elevação do dióxido de carbono em atmosfera modificada deve-se às suas características fúngicas e bacteriostáticas contra muitos microorganismos deterioradores que podem crescer à temperatura de refrigeração.

Zagory (1999) relata que baixos níveis de CO₂ provoca injúrias fisiológicas em frutas e que elevados níveis de CO₂ e reduzidos níveis de O₂ podem favorecer ou selecionar certas classes de microorganismos. Baixos níveis de O₂ favorecem o desenvolvimento de bactérias do ácido láctico e *Listeria*. Elevados níveis de CO₂ podem favorecer Gram-positivos em relação aos Gram-negativos, especialmente corineformes e bactérias do ácido láctico.

A extensão da vida de prateleira promovida por AM não tem relação com os efeitos de microorganismos em alguns produtos. A sobrevivência e/ou o crescimento de *E. coli* O157:H7 não são afetados em pepinos e alfaces minimamente processados em AM. Espinafres minimamente processados a 5°C, 0,8% O₂ + 10% CO₂ tiveram a população microbiana reduzida entre dez e cem vezes, exceto para bactérias do ácido láctico e leveduras. Com 10°C na mesma composição gasosa, a população microbiana aumentou de dez a cem vezes e as leveduras permaneceram com contagem entre 10³ UFC/g e 10⁴ UFC/g (ZAGORY, 1999).

Drosinos *et al.* (2000) verificaram o comportamento de *Salmonella enteridis* inoculada em fatias de tomates acondicionadas em atmosfera modificada (5% CO₂ / 95% N₂) e em condições aeróbicas a 4°C e 10°C, durante o período de estocagem. Foram usados dois inóculos, sendo um de 1 x 10³ UFC/g (baixo) e outro de 1 x 10⁶ UFC/g (alto). Os resultados mostraram tendência de declínio de *S. enteridis* estocada a 4°C, enquanto a 10°C observou-se a sobrevivência deste microorganismo nos dois tipos de embalagens.

Além da questão da segurança, a qualidade sensorial de frutas e hortaliças minimamente processadas pode ser afetada por microorganismos sobreviventes que se utilizam da atmosfera modificada. As bactérias do ácido láctico, por exemplo, podem ser acompanhadas pela produção de ácidos orgânicos tais como o láctico e acético, produzindo "off-flavors" indesejáveis (JACXSENS, 2002).

O benefício da embalagem em frutas minimamente processadas deve ser, portanto, associado com outras barreiras durante o processamento.

3.9 Armazenamento e distribuição

Estas etapas são consideradas Pontos Críticos de Controle (PCC), pois se a temperatura das câmaras e dos canais de distribuição não forem adequadas, favorecerá a multiplicação dos microorganismos. A multiplicação microbiana ocorre

numa faixa de -8°C a 90°C e alguns patógenos podem crescer a 35°C . A temperatura afeta a duração da fase de latência, a velocidade de multiplicação, as necessidades nutritivas e a composição química e enzimática das células.

O armazenamento em baixas temperaturas pode selecionar microorganismos psicrotróficos e quase sempre contagens destes e de mesófilos são similares às do processamento. A refrigeração previne o crescimento de *Erwinia* spp. e muitos fungos esporulando, inclusive *Fusarium* e *Phytophthora* spp., mas não previne o crescimento de *Pseudomonas fluorescens*. Mesófilos podem também crescer em temperaturas de refrigeração a velocidades reduzidas (NGUYEN THE e CARLIN, 1994).

A maior preocupação em relação à sobrevivência e ao crescimento de patógenos em temperatura de refrigeração em produtos minimamente processados é com *Listeria monocytogenes*. A estocagem a frio detém o crescimento deste patógeno, mas não a sua sobrevivência (LAMIKANRA , 2002).

Zagory (1999) cita que a deterioração de cenouras cortadas, após catorze dias de armazenamento a 4°C , foi associada com alta população de *L. mesenteroides*. O'Connor-Shaw *et al.* (1994) relataram o decréscimo da população de *Lactobacilos* em abacaxis de $3,6 \times 10^6$ UFC/g para 9×10^4 UFC/g após estocagem a 4°C por onze dias.

Patógenos como *S. aureus* e *Salmonella* spp. podem surgir em produtos estocados sob temperaturas abusivas. Esses microorganismos são conhecidos por sobreviver em tomates e cogumelos, quando estocados em temperaturas de 20°C a 35°C (LAMIKANRA, 2002).

As condições em que os produtos frescos e minimamente processados são expostos durante a distribuição têm efeito direto na sua qualidade e segurança. Os produtores, processadores e transportadores compartilham a importante tarefa de evitar a contaminação cruzada e a manutenção apropriada do produto.

O transporte por consumidores também afeta a qualidade microbiológica dos mesmos. Geralmente os consumidores não são advertidos sobre o impacto que as condições em que eles expõem os produtos têm na segurança dos mesmos. É importante que haja uma rede de informações e sensibilização para alertar consumidores para as questões microbiológicas desses produtos, principalmente se não forem adotados cuidados com a temperatura e a higiene dos veículos.

De acordo com Lamikanra (2002), não existem relatos sobre a ecologia microbiana de frutas minimamente processadas nas variadas condições de transporte. Entretanto, a vida de prateleira e a qualidade microbiológica desses produtos durante o transporte e venda são dependentes de fatores como: método de transporte, que deve ter refrigeração mantida com temperatura de 5°C a 7°C ; tempo de transporte, que deve ser minimizado entre a indústria e o local de entrega; e as flutuações de temperatura nos locais de venda, que deveriam ser minimizadas.

A IFPA (2001) recomenda, para os meios de transporte, higienização adequada, inspeções freqüentes de temperatura e circulação de ar, ausência de odores estranhos nas cabines e, ainda, a manutenção apropriada para evitar danos, buracos e outras inconformidades da estrutura física, que podem favorecer contaminações cruzadas advindas da área externa, de insetos, pássaros e outras pragas.

4. Conclusão

O mercado tem sinalizado positivamente para os produtos minimamente processados. Entretanto, fatores associados à qualidade e à segurança não podem ser negligenciados e têm sido objeto de interesse das instituições de saúde pública. Estudos têm sido realizados com o objetivo de encontrar respostas e meios de controle eficientes para os problemas diagnosticados. Programas de segurança dos alimentos como as boas práticas agrícolas (BPA), boas práticas de fabricação (BPF) e sistemas de análise de perigos e pontos críticos de controle (APPCC) têm contemplado ações que identificam, minimizam, controlam e eliminam os perigos do processamento. Ainda não é o bastante. É necessário que os elementos-chaves desta cadeia de produção tenham conhecimento da ecologia microbiana de frutas e hortaliças e dos vários componentes envolvidos no processo.

5. Referências bibliográficas

ACKERS, M.; PAGADUAN, R.; HART, G.; GREENE, K. D.; ABBOTT, S.; MINTZ, E.; TAUXE, R. V. Cholera and sliced fruit: probably secondary transmission from an asymptomatic carrier in the United States. **International Journal of Infectious Diseases**, v. 1, p. 212-214, 1997.

ALZAMORA, S. M.; TAPIA, M. S.; LÓPEZ-MALO, A. **Minimally processed fruits and vegetables**. Fundamental aspects and applications. Maryland: Aspen Publication, 2000. 360 p.

ARTHEY, D.; ASHURST, P. R. **Fruit processing**. Nutrition, products and quality management. 2nd ed. Maryland: Aspen Publication, 2001. 312 p.

BARTZ, J. A . Washing fruits and vegetables: lessons from treatment of tomatoes and potatoes with water. **Dairy Food Environmental Sanitation**, v. 19, p. 853-864, 1999.

BEUCHAT, L. R. Survival of enter hemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7 in bovine feces applied to lettuce and the effectiveness of chlorinated water as a disinfectant. **Journal of Food Protection**, v. 62, p. 845-849, 1999.

BEUCHAT, L. R. Ecological factors influencing survival and growth of human pathogens on raw fruits and vegetables. **Microbes and Infections**, v. 4, p. 414-423, 2002.

BRACKETT, R. E. Incidence, contributing factors, and control of bacterial pathogens in produce. **Postharvest Biology and Technology**, v.15, p. 305-311, 1999.

BRASIL – Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Portaria nº 368, de 4 de setembro de 1997. Regulamento técnico sobre as condições higiênico-sanitárias e de boas práticas de fabricação para estabelecimentos elaboradores/industrializadores de alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 4 nov. 1997, seção 1.

BRASIL – Ministério da Saúde. Portaria nº 326, de 30 de julho de 1997. Regulamento técnico sobre as condições higiênico-sanitárias e de boas práticas de fabricação para estabelecimentos produtores/industrializadores de alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 21 ago. 1997, seção 3.

BRASIL – Ministério da Saúde. Portaria nº 1.428, de 26 de novembro de 1997. Regulamento técnico para inspeção sanitária de alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2 dez. 1997, seção 1.

BURNET, S. L.; CHEN, J.; BEUCHAT, L. R. Attachment of *Escherichia coli* O157:H7 to the surface and internal structures of apples as detected by confocal scanning laser microscopy. **Applied Microbiology**, v. 66, p. 4679-4687, 2000.

CDC – CENTER FOR DISEASES CONTROL AND PREVENTION. Preliminary foodnet data on the incidence of foodborne illnesses. **Selected Sites United States**, v. 51, n. 15, p. 325-329, 2002.

CHERRY, J. P. Improving the safety of fresh produce with antimicrobial. **Food Technology**, v. 53, n. 11, p. 54-59, 1999.

DINGMAN, D. W. Growth of *Escherichia coli* O157:H7 in bruised apple (*Malus domestica*), tissue as influenced by cultivar, date of harvest, and source, **Applied and Environmental Microbiology**, v. 66, n. 3, p. 1077-1083, 2000.

DROSINOS, E. H.; TASSOU, C.; KAKIOMENOU, K.; NYCHAS. G. J. E. Microbiological, physico-chemical and organoleptic attributes of a country tomato salad and fate of *Salmonella enteridis* during storage under aerobic or modified atmosphere packaging conditions at 4°C and 10°C. **Food Control**, v. 11, p. 131-135, 2000.

FETT, W. F. Naturally occurring biofilms on alfafa and other types of sprouts. **Journal of Food Protection**, v. 63, n. 5, p. 625-632, 2000.

FORSYTHE, S. J. **Microbiologia da segurança alimentar**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2002. 424 p.

FRANK, J. F. Microbial attachment to food and food contact Surfaces. **Advances in Food Nutrition Research**, v. 43, p. 320-370, 2000.

GAYLER, G. R.; MacCREADY, R. A.; REARDON, J. P.; McKERNAN, B. F. An outbreak *Salmonellosis* traced to watermelon. **Public Health Report**, v. 70, p. 311-313, 1995.

IFPA – INTERNATIONAL FRESH-CUT PRODUCE ASSOCIATION. **Food safety guidelines for the fresh-cut produce industry**. 4th ed. Washington, DC, EUA, 2001. 213 p.

JACXSENS, L.; DEVLIEGHIERE, F.; DEBEVERE, J. Temperature dependence of shelf-life as affected by microbial proliferation and sensory quality of equilibrium modified atmosphere packaged fresh produce. **Postharvest Biology and Technology**, v. 26, p. 59-73, 2002.

LAMIKANRA, O. **Fresh-cut fruits and vegetables; science, technology and market**. Washington: CRC Press, 2002.

LIN, C. M.; WEY, C. I. Transfer of *Salmonella montevideo* onto the interior surface of tomatoes by cutting. **Journal of Food Protection**, v. 60, p. 858-863, 1997.

NGUYEN-THE, C.; CARLIN, F. The microbiology of minimally processed fruits and vegetables. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 34, n. 4, p. 371-401, 1994.

O'CONNOR-SHAW, R. E.; ROBERTS, R.; FORD, A. L.; NOTTINGHAM, S. M. Shelf life of minimally processed honeydew, kiwifruit, papaya, pineapple and cantaloupe. **Journal of Food Science**, v. 59, p. 1202-1206; 1215, 1994.

PORTELA, S. J.; CANTWELL, M. I. Cutting blade sharpness affects appearance and other quality attributes of fresh-cut cantaloupe melon. **Food Chemistry and Toxicology**, v. 66, n. 9, p. 1265-1270, 2001.

SAPERS, G. M.; MILLER, R. L.; PILIZOTA, V.; MATARAZZO, A. M. Antimicrobial treatments for minimally processed cantaloupe melon. **Journal of Food Science**, v. 66, n. 2, p. 345-349, 2001.

SAPERS, G. M.; SIMMONS, G. E. Hydrogen peroxide disinfection of minimally processed fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v. 52, n. 2, p. 48-52, 1998.

SENAI – SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. **Elementos de apoio para o sistema APPCC**. 2. ed. Série Qualidade e Segurança Alimentar. Projeto APPCC Indústria. Convênio CNI/SENAI/SEBRAE. Brasília: SENAI/DN, 2000. 361 p.

STEWART, C. M.; TOMPKIN, R. B.; COLE, M. B. L. R. Food safety: new concepts for the new millennium. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 3, p. 105-112, 2002.

UKUKU, D. O.; FETT, W. Behavior of *Listeria monocytogenes* inoculated n cantaloupe surfaces and efficacy of washing treatments to reduce transfer from rind to fresh-cut pieces. **Journal of Food Protection**, v. 65, n. 6, p. 924-930, 2002.

UKUKU, D. O.; PILIZOTA, V.; SAPERS, G. M. Influence of washing treatments on native microflora and *Escherichia coli* O157:H7 of inoculated cantaloupes. **Journal Food Safety**, v. 21, p. 382-385, 2001.

UKUKU, D. O.; SAPERS, G. M. Effect of sanitizer treatments on *Salmonella stanley* attached to the surface of cantaloupe and cell transfer to fresh-cut tissues during cutting practices. **Journal of Food Protection**, v. 64, n. 9, p. 1286-1291, 2001.

VANETTI, M. C. D. Controle microbiológico e higiene no processamento mínimo. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2. 2000. Viçosa, MG. **Palestras...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2000. p. 44-52.

WISNIEWSKY, M. A.; GLATZ, B. A.; GLEASON, M. L.; REITMEIER, C. A. Reduction of *Escherichia coli* O157:H7 counts on whole apples by treatment with sanitizers. **Journal of Food Protection**, v. 63, n. 6, p. 703-708, 2000.

ZAGORY, D. Effects of post-processing handling and packaging on microbial populations. **Postharvest Biology and Technology**, v. 15. p. 313-321, 1999.

ZHUANG, R. Y.; BEUCHAT, L. R.; ANGULO, F. J. Fate of *Salmonella montevideo* on and in raw tomatoes as affected by temperature and treatment with chlorine. **Applied Environmental Microbiological**, v. 61, p. 2127-2131, 1995.

Capítulo 5

Microbiología

Maria C. D. Vanetti

1. Introdução

A demanda por dietas saudáveis, com alimentos frescos, principalmente frutas e hortaliças, tem aumentado ao mesmo tempo em que o consumidor procura alimentos mais convenientemente preparados, prontos para o consumo. A indústria de alimentos respondeu a essa demanda com o desenvolvimento de novas tecnologias de conservação, o que levou ao aumento da quantidade e variedade de produtos disponíveis para o consumidor.

A tecnologia de processamento mínimo de frutas e hortaliças visa atender a essas demandas atuais, e o mercado para esses produtos está em franco crescimento. Entretanto, o sucesso e a continuidade da expansão do mercado de produtos minimamente processados dependerá da manutenção da qualidade dos produtos ofertados. A característica *in natura* desses produtos, associada às técnicas de processamento brandas e às condições de estocagem, cria um novo ecossistema, onde microorganismos deterioradores e patogênicos podem crescer.

Os produtos minimamente processados são mais perecíveis dos que os produtos *in natura*. Nas frutas e hortaliças intactas, a casca e a integridade do tecido vegetal constituem uma barreira ao acesso de microorganismos ao interior do produto. A injúria provocada nos tecidos vegetais em função da manipulação, corte e remoção da casca pode diminuir a qualidade e o tempo de vida útil do produto, por acelerar as reações degradativas durante a senescência (WILEY, 1994). Além disso, o manuseio favorece a contaminação por microorganismos, enquanto a liberação de exsudados celulares disponibiliza nutrientes para a atividade microbiana. Portanto, a segurança e a qualidade microbiológica de produtos minimamente processados precisa ser garantida em adição à manutenção das qualidades sensorial e nutricional.

2. Microorganismos patogênicos

Microorganismos patogênicos, juntamente com os deterioradores, podem contaminar os produtos de origem vegetal por fontes diversas. A contaminação inicia-se na fase de produção, nos campos, quando há o contato com solo, água, fezes de animais, insetos e manipuladores; continua durante as etapas de colheita, manuseio, transporte da matéria-prima até a indústria e durante o processamento e finaliza no preparo do produto pelo consumidor.

Medidas preventivas precisam ser adotadas para minimizar a contaminação dos produtos em toda a cadeia produtiva. A implementação das Boas Práticas Agrícolas (BPA), Boas Práticas de Produção (BPP) e do Programa de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) é fundamental para a prevenção da contaminação e do crescimento microbiano em produtos minimamente processados. A prevenção da contaminação de alimentos é preferível à dependência de ações corretivas quando a contaminação já ocorreu.

As técnicas para estender a vida útil desses produtos podem aumentar o risco potencial de desenvolvimento de patógenos. Surtos de infecção alimentar associados ao consumo de produtos frescos de origem vegetal têm sido documentados. Bactérias patogênicas como *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, *Shigella*, *Escherichia coli* O157:H7, *Bacillus cereus*, *Vibrio cholerae*, vírus como os da hepatite A e Norwalk e parasitas como *Giardia lamblia*, *Cyclospora cayetanensis* e *Cryptosporidium parvum* são de grande importância para a saúde pública e estão relacionados com surtos de infecção alimentar em razão do consumo de frutas e hortaliças frescas contaminadas (BEUCHAT, 2002). Alguns exemplos de agentes causadores de surtos de infecção alimentar envolvendo produtos vegetais frescos são mostrados na tabela 1.

Tabela 1. Bactérias patogênicas causadoras de surtos de infecção alimentar associados ao consumo de frutas e vegetais frescos ¹.

Temperaturas baixas, fator importante para retardar a deterioração de produtos minimamente processados, não impedem o crescimento de alguns desses agentes. Patógenos psicrótróficos, que são capazes de crescer bem sob condições de refrigeração, são de particular importância e entre esses se destacam *L. monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica* e *Aeromonas hydrophila*. Aumentos de 10^2 a 10^4 Unidades Formadoras de Colônias – UFCg⁻¹ na população de *L. monocytogenes* foram constatados em couve minimamente processada estocada a 5°C, 10°C e 15°C (Figura 1) e reforçam o risco de crescimento desse patógeno nesse produto quando mantido por períodos prolongados sob temperaturas baixas ou durante períodos menores de tempo sob temperaturas abusivas (COSTA, 2002). Mesmo que não cresçam nas condições de estocagem do produto refrigerado, os patógenos podem sobreviver e, quando ingeridos, podem causar danos à saúde do consumidor.

Espécies microbianas potencialmente causadoras de deterioração de produtos minimamente processados variam de acordo com o tipo de produto. Vegetais mais ricos em açúcar estão sujeitos à deterioração por fermentação em razão do crescimento de bactérias do ácido lático ou de leveduras, enquanto outros produtos apresentam amolecimento do tecido em razão do crescimento de bactérias Gram-negativas pectinolíticas (JACXSENS *et al.*, 2002).

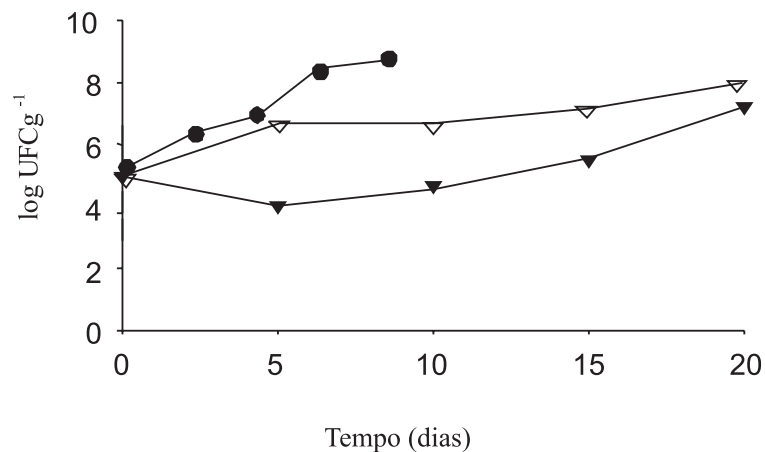


Figura 1. Logaritmo do número de Unidades Formadoras de Colônias (UFCg⁻¹) de *L. monocytogenes* em couve minimamente processada estocada a 5°C (▼), 10°C (▽) e 15°C (•).

A microbiota de produtos frescos minimamente processados geralmente consiste de espécies de bactérias das famílias Enterobacteriaceae e Pseudomonadaceae, enquanto fungos podem estar presentes em números relativamente baixos (NGUYEN-THE e CARLIN, 1994). Entre os gêneros de bactérias relacionadas com a deterioração de hortaliças minimamente processadas destacam-se *Pseudomonas*, *Xanthomonas*, *Enterobacter*, *Chromobacterium* e *Flavobacterium*, além de bactérias lácticas (GUERZONI *et al.*, 1996; BITTENCOURT, 2000). Esses microorganismos podem rapidamente alcançar populações maiores do que 10⁷ UFCg⁻¹, resultando no acúmulo de metabólitos como etanol, ácido láctico, acetato de etila, entre outros (GUERZONI *et al.*, 1996).

3. Etapas importantes na eliminação, inibição ou redução da microbiota

O período de validade do produto minimamente processado depende de vários aspectos, entre os quais a atividade da microbiota contaminante e a condição morfológica e fisiológica do tecido vegetal. Várias estratégias e tratamentos têm sido avaliados para promover o aumento da vida de prateleira de produtos minimamente processados. Os que resultam na eliminação de alguns microorganismos, na inibição ou no retardamento do crescimento de outros são, principalmente: lavagem, sanitização, atmosfera modificada, irradiação e uso de bioconservantes.

A lavagem com água é a primeira operação a que as frutas e hortaliças minimamente processadas são submetidas durante o processamento, quando são removidos resíduos de solo e fragmentos do vegetal. No entanto, esse procedimento tem efeito limitado sobre a microbiota contaminante. A lavagem pode consistir em uma simples aspersão com água potável ou em imersão em água fria de 2°C a 5°C. Entretanto, se a água para lavagem for reciclada, pode facilitar a disseminação de contaminantes sobre o alimento, aumentando o potencial de deterioração.

A água que entra em contato com os produtos hortifrutícolas frescos deve ser potável, e a sua qualidade dita o potencial de contaminação do produto com patógenos como *Salmonella*, *V. cholerae*, *Shigella*, estirpes patogênicas de *E. coli*, parasitas como *C. parvum*, *G. lamblia*, *C. cayetanensis*, *Toxicoplasma gondii* e os vírus Norwalk e da hepatite A.

Redução significativa da população microbiana do produto pode ocorrer durante a etapa de sanitização, quando se adotam tratamentos com substâncias químicas antimicrobianas. No entanto, a eficiência de um antimicrobiano depende de fatores ambientais, que podem agir isoladamente ou em combinação, tais como pH, temperatura da água, tempo de contato, natureza da superfície das frutas e hortaliças e a carga microbiana inicial.

4. Agentes sanitizantes

O cloro, nas suas várias formas, é o sanitizante mais usado em alimentos e é germicida de amplo espectro de ação, que reage com as proteínas da membrana de células microbianas, formando compostos N-cloro, interferindo no transporte de nutrientes e promovendo a perda de componentes celulares. Concentrações de 50 ppm a 200 ppm de cloro livre podem inativar células vegetativas de bactérias e fungos (SIMONS e SANGUANSRI, 1997), mas a concentração deve ser determinada para cada produto.

A temperatura da água deve ser mantida na faixa de 8°C a 10°C e o tempo de imersão pode variar de dois a dez minutos. O pH da água é fator determinante na eficiência do cloro e deve ser controlado em 6,5 a 7,0. A população microbiana é reduzida em, no máximo, dois ciclos logarítmicos (FANTUZZI, 1999; BITTENCOURT, 2000; COSTA, 2002). Concentrações maiores de cloro podem promover redução mais acentuada na contaminação em alguns produtos, mas problemas como descoloração, perda de qualidade, aumento na corrosão de equipamentos e formação de cloraminas voláteis e trihalometanos que representam riscos à saúde dos trabalhadores são verificados (GARG *et al.*, 1990; PARK e LEE, 1995). A qualidade da água usada na sanitização é essencial, pois o cloro reage com matéria orgânica e tem sua atividade biocida reduzida (SIMONS e SANGUANSRI, 1997).

Em razão dos sistemas de lavagem de cloro resultarem em subprodutos nocivos, e em razão da eficácia restrita na redução de contaminantes, sanitizantes alternativos têm sido avaliados. Alguns ácidos orgânicos podem agir como fungicidas ou fungistáticos, enquanto outros tendem a ser mais efetivos em inibir o crescimento de bactérias (WILEY, 1994). Entretanto, os resultados obtidos com o uso de ácidos orgânicos como sanitizantes não indicam maior descontaminação do produto do que a encontrada com a sanitização com cloro. Geralmente a população microbiana após o tratamento com 1% de ácido láctico ou acético é reduzida a valores iguais ou menores do que um ciclo logarítmico (ZHANG e FARBER, 1996; FANTUZZI, 1999; COSTA, 2002).

O ozônio (O₃), um agente oxidante potente, tem-se mostrado um sanitizante mais eficaz que o cloro para a eliminação de microorganismos em produtos vegetais (SIMONS e SANGUANSRI, 1997), mas pesquisas adicionais são necessárias para definir o potencial e os limites efetivos para o seu uso.

O peróxido de hidrogênio (H₂O₂) é outro sanitizante potencial e é classificado como um composto GRAS (Geralmente Reconhecido Como Seguro) pela FDA (Agência de Alimentos e Drogas dos Estados Unidos da América) para uso em alimentos como agente alvejante, oxidante, redutor e antimicrobiano. O principal objetivo do tratamento com peróxido de hidrogênio é estender a vida de prateleira pela redução da população de microorganismos deterioradores na superfície do produto (SAPERS e SIMMONS, 1998). Resíduos em frutas e hortaliças tratadas com peróxido de hidrogênio podem ser eliminados passivamente pela ação da enzima catalase do próprio vegetal, ou, ativamente, pelo enxágüe imediatamente após o tratamento, para evitar reações entre o peróxido de hidrogênio e constituintes do alimento que poderão afetar a qualidade ou a segurança do produto.

A prata é outro agente antimicrobiano que tem sido usado, sendo mais efetivo contra bactérias. (Leveduras e fungos são inativados em menor extensão.) (FOEGEDING e BUSTA, 1991). O tratamento com prata é permitido em alguns países para água potável, suco de frutas, bebidas efervescentes e vinho. Entretanto, os resultados obtidos como sanitizante para couve minimamente processada não foram satisfatórios (COSTA, 2002).

Com o crescente interesse em antimicrobianos naturais em razão da busca dos consumidores por alimentos mais naturais, sem aditivos químicos, alguns óleos vegetais como o de timo e de sálvia têm sido avaliados como sanitizantes, mas os resultados são conflitantes (SINGH *et al.*, 2002; COSTA, 2002).

A baixa eficiência dos sanitizantes usados para descontaminar a superfície de frutas e vegetais pode ser atribuída à incapacidade dos componentes ativos da solução de tratamento em alcançar os sítios de colonização das células microbianas. A infiltração dos microorganismos em fissuras e espaços intercelulares em frutas e vegetais tem sido demonstrada (BEUCHAT, 2002). Além disso, a formação de biofilmes no tecido vegetal e nos equipamentos e superfícies de contato com o alimento podem dificultar a ação dos sanitizantes ou de outros agentes antimicrobianos.

5. Aspectos tecnológicos e contaminação microbiológica

Outro aspecto a ser considerado é a natureza hidrofóbica da superfície dos tecidos vegetais, que impede a ação do sanitizante sobre os microorganismos. Agentes tensoativos diminuem a hidrofobicidade da superfície de frutas e hortaliças, mas se usados em concentrações elevadas podem causar perda de qualidade sensorial do produto (ZHANG e FARBER, 1996). Portanto, há necessidade de se estabelecer novas técnicas de higienização de frutas e hortaliças, e novos agentes

sanitizantes precisam ser pesquisados para aumentar a eficiência de remoção e/ou inativação de microorganismos. Geralmente após a etapa de sanitização é feito o enxágüe em água com 3 ppm a 5 ppm de cloro, a uma temperatura de 2°C a 4°C, para remover traços do sanitizante e reduzir a temperatura do produto.

A etapa de fatiamento no processamento mínimo de frutas e hortaliças expõe o tecido interno do vegetal, permitindo a entrada de microorganismos contaminantes, e promove o extravasamento de suco celular, que acelera o crescimento microbiano por disponibilizar substrato rico em nutrientes. O manuseio durante o fatiamento pode aumentar o número de contaminantes, e o equipamento usado para fatiar pode se constituir fonte importante de contaminação. Fatiadores foram os equipamentos mais seriamente implicados como local de crescimento microbiano em uma unidade de processamento mínimo (GARG *et al.*, 1990).

O acondicionamento do produto minimamente processado é feito em embalagem que constitua barreira adequada a gases e à umidade e também a microorganismos contaminantes do meio externo. O armazenamento de produtos minimamente processados em condições adequadas é um ponto fundamental para o sucesso dessa tecnologia. Temperatura, umidade e composição atmosférica no interior das embalagens são condições que podem ser manipuladas para diminuir a respiração do vegetal e minimizar o crescimento microbiano.

O controle da temperatura é a técnica mais útil e importante para minimizar as injúrias provocadas pelo processamento mínimo de frutas e hortaliças. Temperaturas baixas durante o transporte, armazenamento e distribuição dos produtos minimamente processados diminuem a velocidade de senescência e outros processos metabólicos, reduzem a deterioração e podem minimizar os efeitos do etileno (BRECHT, 1995). No entanto, temperaturas de refrigeração não retardam totalmente a deterioração, pois muitas bactérias, a maioria do gênero *Pseudomonas*, crescem relativamente rápido sob refrigeração.

O principal problema associado com frutas e hortaliças minimamente processadas é a possibilidade de abuso de temperatura após a embalagem e durante a distribuição, transporte, armazenamento e comercialização ou antes de serem consumidas. Quando esse fato ocorre, há um potencial para a proliferação rápida de organismos mesofílicos, resultando na deterioração precoce e conseqüente redução da vida de prateleira do produto. A proliferação microbiana depende da temperatura, e patógenos como *L. monocytogenes*, mesófilos aeróbios e bactérias do ácido láctico apresentam taxa de crescimento pronunciada a 12°C (THOMAS e O'BEIRNE, 2000), temperatura que ocorre freqüentemente em condição de abuso na cadeia de frio.

Além da refrigeração, a atmosfera modificada é amplamente usada para a conservação de hortaliças minimamente processadas, por alterar as proporções relativas dos gases atmosféricos que envolvem o alimento (FARBER, 1991). O sucesso da embalagem sob atmosfera modificada depende de muitos fatores, como a qualidade inicial do produto, a higiene dos manipuladores, a seleção

correta do material de embalagem, uma mistura de gases apropriada para o produto, a confiabilidade do equipamento de embalagem e, principalmente, o controle da temperatura (FARBER, 1991).

A concentração baixa de oxigênio estabiliza a qualidade do produto, reduzindo a atividade metabólica e o crescimento de microorganismos deterioradores aeróbios (AHVENAINEN, 1996). Os microorganismos variam muito em sua sensibilidade à pressão parcial de oxigênio e ao dióxido de carbono (CO₂), que é solúvel tanto em água quanto em lipídio e é o principal responsável pelo efeito bacteriostático observado em atmosfera modificada, além de inibir a respiração do produto (FARBER, 1991).

O aumento da segurança microbiológica em hortaliças minimamente processadas pode ser alcançado com barreiras adicionais como, por exemplo, a competição microbiana, ou pela presença de bacteriocinas e outros compostos GRAS. O uso de bactérias lácticas como competidoras da microbiota deterioradora e patogênica é amplamente estudado em produtos cárneos e lácticos, mas só recentemente a sua aplicação em frutas e hortaliças minimamente processadas tem sido considerada.

Bactérias do ácido láctico têm atividade antagonista contra microorganismos indesejáveis ou patogênicos, causados pela competição por nutrientes e pela produção de metabólitos antimicrobianos (HOLZAPFEL *et al.*, 1995). O ácido láctico é o principal produto da fermentação de bactérias lácticas e pode reduzir o pH a valores em que bactérias deterioradoras e patogênicas são inibidas ou inativadas. Bactérias do ácido láctico inoculadas em saladas mistas minimamente processadas reduzem significativamente o número de bactérias mesofílicas durante o armazenamento sob refrigeração, além de produzir substâncias antimicrobianas (VESCOVO *et al.*, 1996).

O potencial de aplicação de bactérias do ácido láctico como agentes bioconservantes para controlar o crescimento microbiano por inibição competitiva de bactérias patogênicas precisa ser avaliado mais extensivamente como alternativa para aumentar a segurança e a extensão da vida de prateleira dos alimentos refrigerados minimamente processados. A preservação biológica deve ser considerada como medida adicional e não como uma substituição das Boas Práticas de Fabricação.

6. Considerações finais

Muitas pesquisas ainda precisam ser conduzidas para se obter produtos minimamente processados com qualidade sensorial e nutricional elevada e seguros do ponto de vista microbiológico. Mais informações a respeito da sobrevivência e do crescimento de microorganismos patogênicos são necessárias para a adoção de estratégias de intervenção que assegurem a inocuidade desses alimentos. Programas proativos e práticos de educação são necessários em todas as fases do processo, desde o campo até o consumidor, para assegurar a manutenção da temperatura e das condições de higiene do produto minimamente processado.

7. Referências bibliográficas

AHVENAINEN, R. New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. **Trends in Food Science and Technology**, v. 7, p. 179-187, 1996

BEUCHAT, L. R. Ecological factor influencing survival and growth of humans pathogens on raw fruits and vegetables. **Microbes and Infections**, v. 4, p. 413-423, 2002

BITTENCOURT, M. T. **Atividade microbiana em couve (*Brassica oleraceae* cv. *acephala*) minimamente processada**. 2000. 78 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2000.

BRECHT, J. K. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. **HortScience**, Alexandria, v. 30, n. 1, p. 18-21, 1995.

COSTA, W. A. **Controle de *Listeria monocytogenes* em couve (*Brassica oleraceae* cv. *acephala*) minimamente processada**. 2002, 56 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2002.

FANTUZZI, E. **Atividade microbiana em repolho (*Brassica oleraceae* cv. *capitata*) minimamente processado**. 1999. 50 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1999.

FARBER, J. M. Microbiological aspects of modified-atmosphere packaging technology – A review. **Journal of Food Protection**, v. 54, n. 1, p. 58-70, 1991.

FOEGEDING, P. M.; BUSTA, F. F. Chemical food preservatives. In: BLOCK, S. S. **Disinfection, sterilization, and preservation**. 4th ed. Philadelphia-London: Lea & Febiger, 1991. p. 802-832.

GARG, N.; CHUREY, J. J.; SPLITTSTOESSER, D. F. Effect of processing conditions on the microflora of fresh vegetables. **Journal of Food Protection**, v. 53, n. 8, p.701-703, 1990.

GUERZONI, M. E.; GIANOTTI, A.; CORBO, M. R.; SINIGAGLIA, M. Shelf-life modelling for fresh-cut vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v. 9, p. 195-207, 1996.

HOLZAPFEL, W. H.; GEISEN, R.; SCHILLINGER, U. Biological preservation of foods with reference to protective cultures, bacteriocins and food-grade enzymes. **International Journal of Food Microbiology**, v. 24, p. 343-362, 1995.

JACXSENS, L.; DEVLIEGHERE, F.; DEBEVERE, J. Temperature dependence of shelf-life as affected by microbial proliferation and sensory quality of equilibrium

modified atmosphere package fresh produce. **Postharvest Biology and Technology**, v. 26, p. 59-73, 2002.

NACMCF – NATIONAL COMMITTEE ON THE MICROBIOLOGICAL CRITERIA FOR FOODS. Microbiological safety evaluations and recommendations on fresh produce. **Food Control**, v. 9, p. 321-247, 1998.

NGUYEN-THE, C.; CARLIN, F. The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 34, n. 4, p. 371-401, 1994.

PARK, W. P.; LEE, D. S. Effect of chlorine treatment on cut watercress and onion. **Journal of Food Quality**, v. 18, p. 415-424, 1995.

SAPERS, G. M.; SIMMONS, G. F. Hydrogen peroxide disinfection of minimally processed fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v. 52, n. 2, p. 48-52, 1998.

SIMONS, L. K.; SANGUANSRI, P. Advances in the washing of minimally processed vegetables. **Food Australia**, v. 49, n. 2, p. 75-80, 1997.

SINGH, N.; SINGH, R. K.; BHUNIA, A. K.; STROSHINE, R. L. Effect of inoculation and washing methods on the efficacy of different sanitizers against *Escherichia coli* O157:H7 on lettuce. **Food Microbiology**, v. 19, p. 183-193, 2002.

THOMAS, C.; O'BEIRNE, D. Evaluation of the impact of short-term temperature abuse on the microbiology and shelf life of a model ready-to-use vegetable combination product. **International Journal of Food Microbiology**, v. 59, p. 47-57, 2000.

VESCOVO, M.; TORRIANI, S.; ORSI, C.; MACCHIAROLO, F.; SCOLARI, G. Application of antimicrobial-producing lactic acid bacteria to control pathogens in ready-to-use vegetables. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 81, p. 113-119, 1996.

WILEY, R. C. **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables**. London: Chapman & Hall, 1994. 357 p.

ZHANG, S., FARBER, J. M. The effects of various disinfectants against *Listeria monocytogenes* on fresh-cut vegetables. **Food Microbiology**, v. 13, p. 311-321, 1996.

Capítulo 6

Embalagens

*Nilda F. F. Soares
Robson M. Geraldine*

1. Embalagem e produto

Com a conservação de frutas e hortaliças minimamente processadas objetiva-se preservar o máximo possível as características dos produtos intactos *in natura*, mantendo a qualidade e a segurança microbiológica. O consumidor percebe, como atributos importantes, a aparência de frescor, cor, sabor e aroma, além da conveniência e praticidade.

As operações de limpeza, descascamento e corte causam injúrias mecânicas ao revestimento natural do produto, levando-o à perda de água, escurecimento e esbranquiçamento. Além disso, os tecidos internos ficam expostos a microorganismos e enzimas endógenas. A injúria leva também ao aumento da taxa de respiração e produção de etileno. Assim, o processamento mínimo torna o produto mais rapidamente perecível. Para preservar a qualidade durante a vida de prateleira, o produto deve ser submetido à sanitização, centrifugação, resfriamento e acondicionamento.

A embalagem é parte essencial do processamento e da distribuição dos alimentos e deve necessariamente proteger o produto contra fatores prejudiciais como danos físicos, contaminação por microorganismos, insetos e roedores e, ainda, controlar a permeação de componentes do ambiente como gases e vapor de água. O controle do etileno, do gás carbônico, do oxigênio e de outros compostos voláteis que podem ser produzidos durante a estocagem, tais como etanol e acetaldeído, é importante para a manutenção da qualidade dos produtos minimamente processados. Uma embalagem inadequadamente projetada afetará de forma determinante a vida de prateleira de um produto.

O sucesso de uma embalagem está relacionado, também, à facilidade de uso e conveniência para o consumidor e às informações que traz em seu rótulo, que devem obedecer a normas de rotulagem. Dentre esses parâmetros, os consumidores vêm usando cada dia mais as informações sobre aspectos nutricionais constantes no rótulo (Figura 1), buscando balancear a dieta para obter melhor qualidade de vida.

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL		
Porção de 10 g/ (medida caseira)		
	Quantidade por porção	% VD (*)
Valor Calórico	0 kcal	0%
Carboidratos	contém menos de 1g	0%
Proteínas	0 g	0%
Gorduras totais	0 g	0%
Sódio	0 mg	0%

¹ quando for declarado

* Valores diários de referência com base em uma dieta de 2.500 calorias.

Figura 1. Rotulagem nutricional simplificada de pimentão vermelho fresco.

2. Tipos de embalagem

Muitos tipos de filme e embalagem estão disponíveis no mercado para uso em produtos minimamente processados. As embalagens podem ser bandejas de plástico ou de poliestireno (isopor), com tampa ou envoltas em filmes de plástico, e sacos de plástico de diferentes composições. Cloreto de polivinila (PVC), polipropileno (PP) e polietileno (PE) são filmes de plástico largamente empregados. Existem alguns filmes, como o etileno vinil acetato, que podem ser manufaturados com diferentes taxas de transmissão de gases.

Para adequar a permeabilidade da embalagem às necessidades do produto minimamente processado, estão sendo adotados polímeros impermeáveis com áreas de permeabilidade seletiva. Essas áreas são recobertas com membranas permeáveis para modificar a atmosfera no interior da embalagem (Figura 2). As membranas seletivas são produzidas a partir de variações na composição das cadeias laterais de determinados polímeros, mudando a estrutura cristalina para amorfa, numa faixa de temperatura normalmente utilizada na comercialização dos produtos minimamente processados. Assim, ao submeter a embalagem com a membrana à temperatura de estocagem, ocorrerá naquela área maior permeabilidade aos gases, comparativamente ao restante da embalagem (STEWART *et al.*, 1993).



Figura 2. Membranas com permeabilidade seletiva usadas em embalagens para acondicionamento de vegetais. (Fonte: <www.apioinc.com>)

Também se podem incorporar componentes tais como os zeólitos, a “oya stone” e a cristobalita nos polímeros, para alterar a permeabilidade a oxigênio e a gás carbônico (SARANTÓPOULOS *et al.*, 2001). Alternativa em desenvolvimento são os filmes microperfurados, cuja área perfurada aumenta a permeabilidade do filme a gases, mantendo ao redor do produto atmosfera adequada para a sua conservação (ZAGORY *et al.*, 2000).

3. Atmosfera modificada

A atmosfera no interior da embalagem exerce grande influência na conservação de vegetais minimamente processados. A modificação dessa atmosfera objetiva a criação de uma composição gasosa na embalagem, que pode ser alcançada de forma passiva ou ativa.

A modificação passiva ocorre quando, ao acondicionar o produto em embalagens de plástico, a composição gasosa no interior da embalagem se modifica, devido a diversos fatores: taxa respiratória do produto, taxa de permeabilidade da embalagem, área da embalagem, peso do produto e temperatura de estocagem. A concentração de oxigênio tende a diminuir, e a de gás carbônico, aumentar, formando assim uma atmosfera diferente do ar inicialmente presente.

No entanto, é importante evitar baixos níveis de O_2 e níveis elevados de CO_2 , que levam à respiração anaeróbica e ao desenvolvimento de odores, aumentando a velocidade de deterioração. Outros gases podem se formar devido a processos de anaerobiose, principalmente com produtos de alta taxa de respiração e acondicionados em embalagens com baixa permeabilidade a gases.

Com couve minimamente processada, acondicionada em bandeja envolta em duas camadas de filme de cloreto de polivinila – PVC (15 μm , taxa de permeabilidade a oxigênio = $7.840 \text{ cm}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$ a 25°C /1 atm) e em sacos de polietileno de baixa densidade – PEBD (25 μm , taxa de permeabilidade a oxigênio = $4.130 \text{ cm}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$ a 25°C /1 atm) e de poliolefina multicamada – PLM (30 μm , taxa de permeabilidade a oxigênio = $3.000 \text{ cm}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$ a 25°C /1 atm), e estocada à temperatura de 5°C , o nível de oxigênio foi de 16% para as bandejas e menor que 1% para os sacos de PEBD e de PLM (Figura 3). As amostras acondicionadas em sacos de PLM apresentaram odor desagradável acentuado logo no terceiro dia de estocagem (SILVA *et al.*, 2003).

Figura 3. Teor de oxigênio em embalagens de couve minimamente processada, acondicionada em bandejas de PS envoltas com duas camadas de filme PVC, sacos de PEBD e sacos de PLM, estocadas a 5°C .

A espessura é também um fator de controle de permeabilidade. Teles (2001), usando filmes de polietileno de baixa densidade de três espessuras diferentes (25 μm , 30 μm e 65 μm), para acondicionar couve minimamente processada, reportou que as embalagens PEBD de 30 mm e 65 mm foram inadequadas para a conservação do produto, pois a baixa permeabilidade a O_2 e CO_2 produziu odores desagradáveis, perda de textura e exsudação de líquidos (Figura 4).

Figura 4. Concentrações de O_2 e de CO_2 em couve minimamente processada, acondicionada em filme de polietileno de baixa densidade, de três diferentes espessuras (25 μm , 30 μm e 65 mm), estocada a 5°C.

A atmosfera modificada ativa consiste em, durante o processo de acondicionamento do produto, remover parcial ou totalmente o ar do interior da embalagem e injetar uma mistura gasosa. Essa mistura é composta da associação dos gases O_2 , CO_2 e N_2 em proporções adequadas a cada produto.

Além de diminuir a taxa respiratória, a modificação da atmosfera contribui para diminuir o escurecimento dos vegetais, devido à baixa disponibilidade de oxigênio. Para alface minimamente processada, a descoloração das superfícies das folhas é o maior defeito. O corte estimula enzimas envolvidas nas reações de escurecimento, levando à formação de pigmentos escuros. Alface picada, acondicionada em polietileno de baixa densidade (80 μm), numa atmosfera 80% O_2 : 20% CO_2 , estocada a 5°C, teve o escurecimento inibido até o décimo dia (HEIMDAL *et al.*, 1995). No entanto, segundo Cantwell (2000), atmosfera composta de baixos teores de O_2 (<0,5%) e alto CO_2 (>7%) é usada comercialmente.

Outro benefício da atmosfera modificada é que ela retarda a senescência e, conseqüentemente, estende a vida de prateleira do produto durante o período de estocagem.

Pesquisa realizada por Teles (2001) com couve minimamente processada, em temperatura ambiente, sob sistema aberto, usando um Analisador de Gás

Infra-vermelho (IRGA), mostrou que o produto aumentou a declividade (taxa respiratória / teor de oxigênio) em torno de dez vezes, quando os níveis de oxigênio alcançaram valores abaixo de 2% (Figura 5).

Figura 5. Taxa respiratória de couve minimamente processada em diferentes níveis de oxigênio.

Os filmes usados para acondicionar produtos com atmosfera modificada compreendem vários tipos de plástico com boa selabilidade, resistência, transparência e facilidade de impressão. No entanto, a permeabilidade ao oxigênio e ao gás carbônico é de importância fundamental no alcance da atmosfera de equilíbrio. A embalagem mantém o gradiente entre a concentração de gases no ar e aqueles presentes no espaço livre da embalagem. O gradiente que resulta não é dependente da concentração inicial dos gases, mas da respiração do produto e da permeabilidade da embalagem. Portanto, se o processo usado for atmosfera modificada, ativa ou passiva, a atmosfera de equilíbrio não será afetada (ZAGORI, 2000). Por essa razão, é importante conhecer a taxa respiratória do produto e as propriedades de permeabilidade da embalagem.

Teles (2001), ao acondicionar couve minimamente processada em sacos de poliolefina multicamada, em atmosfera passiva e em atmosfera ativa (5% O₂ / 15% CO₂), estocada a 5°C, observou que a concentração de equilíbrio foi de aproximadamente 3% para ambos os gases. Sob atmosfera ativa, ocorreu rápido decréscimo no teor de CO₂, por causa da permeabilidade da embalagem a esse gás (Figura 6).

A relação CO₂ / O₂ no interior da embalagem é dependente da permeabilidade da embalagem. Em pesquisa realizada por Silva (2003), com cenoura minimamente processada, cultivar Brasília, estocada por quinze dias a 5°C, usando filmes de polipropileno (PP) e policloreto de vinila (PVC), observou-se maior concentração final de CO₂ e menor de O₂ no interior das embalagens de polipropileno (Figura 7). O filme de PP apresentou permeabilidades a CO₂ e O₂, aproximadamente oito e sete vezes menores, respectivamente, que o filme PVC, o que proporcionou maior produção do CO₂ e menor reposição do O₂ consumido no processo de respiração do vegetal.




Figura 6. Concentrações de O_2 e de CO_2 em couve minimamente processada, acondicionada em filme poliolefinico com atmosfera modificada ativa (5% O_2 / 15% CO_2) e passiva, estocada a 5°C.

Figura 7. Concentração de CO_2 , O_2 , etanol e acetaldeído no interior de embalagens de PVC e de PP contendo cenoura minimamente processada, cultivar Brasília, mantida à temperatura de 5°C.

Além da presença de O_2 e CO_2 , outros compostos voláteis tais como etanol e acetaldeído podem ser formados, dependendo da pressão parcial do oxigênio no interior das embalagens. Os resultados do trabalho de Silva (2003) mostraram que, na embalagem de polipropileno, ocorreu maior produção de acetaldeído e etanol (Figura 7), por causa do baixo nível de oxigênio que proporcionou o desenvolvimento da respiração anaeróbica.

Os vegetais apresentam alta atividade de água e, assim, estão em equilíbrio com ambientes de alto teor de umidade relativa. A taxa de permeabilidade ao vapor d'água do material de embalagem deve ser tal que não cause a desidratação superficial e, conseqüentemente, o murchamento do produto. Mas altas umidades relativas podem propiciar deterioração microbiana do produto.

Alho minimamente processado, acondicionado em filme de polietileno de baixa densidade, apresentou elevado crescimento de fungos (Figura 8), em decorrência da condensação de vapor de água na superfície interna da embalagem. A baixa barreira da embalagem a vapor de água e a variações na temperatura contribuiu para a contaminação. O crescimento de microorganismos nos produtos minimamente processados é influenciado por vários fatores, entre os quais a presença de oxigênio e de gás carbônico. Altas concentrações de CO₂ e/ou reduzido teor de O₂ podem inibir ou selecionar certas classes de microorganismos. O CO₂ tem efeito inibitório sobre o metabolismo aeróbico e anaeróbico.

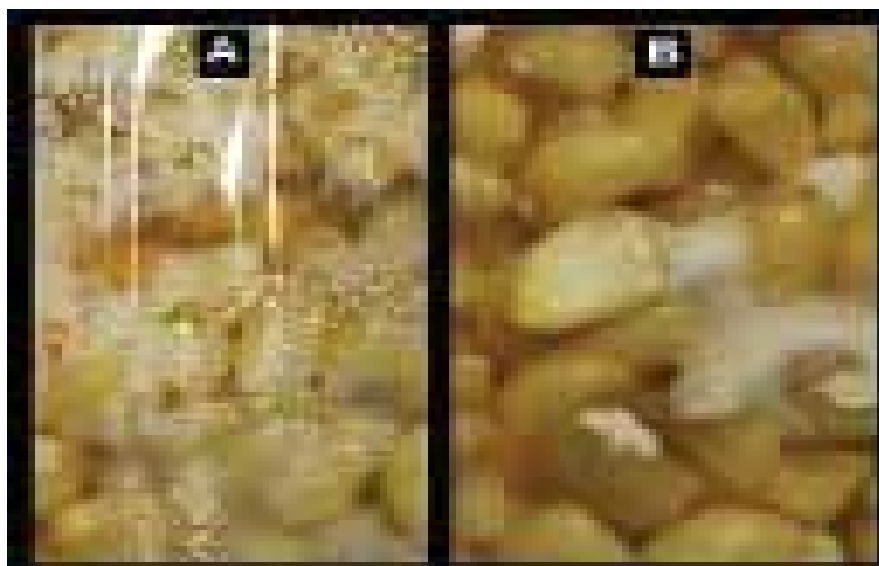


Figura 8. Detalhe de filme de polietileno de baixa densidade usado como embalagem de alho minimamente processado, observando-se condensação de água (A) e desenvolvimento de fungos sobre o produto (B). (Foto: Robson M. Geraldine)

O oxigênio estimula o crescimento de bactérias aeróbias e pode inibir o crescimento de bactérias estritamente anaeróbias, embora exista grande variação na sensibilidade desses microorganismos. O crescimento de mesófilos aeróbios em alho minimamente processado, quando acondicionado em bandejas envoltas com uma e quatro camadas de filmes de PVC, e estocados a 10°C, não foi afetado pelas diferentes embalagens. No entanto, fungos filamentosos e leveduras foram acentuadamente inibidos nas embalagens envoltas com quatro camadas de filme de PVC, com a concentração de O₂ próxima a zero e, de CO₂, em torno de 10% (GERALDINE, 2000) (Figura 9).

Figura 9. Níveis de CO_2 , O_2 , contagem de fungos filamentosos e leveduras e de mesófilos aeróbios, em alho minimamente processado acondicionado em bandejas de poliestireno envoltas em uma e quatro camadas de filme de PVC e estocado sob temperatura de 10°C.

4. Revestimentos comestíveis

A extensão da vida de prateleira dos produtos minimamente processados tem sido investigada também com o uso de filmes comestíveis. Finas camadas de materiais de proteção são depositadas sobre a superfície do produto como substituto do tecido protetor (epiderme, casca) removido. Os filmes comestíveis são usados como barreira semipermeável, com diversas finalidades: reduzir a taxa de respiração, retardar a perda de umidade e variação de cor, melhorar a textura e a integridade mecânica, ajudar a reter aromas e inibir o crescimento de microorganismos.

A eficiência funcional das embalagens comestíveis vai depender da natureza de seus componentes, da composição e da estrutura do filme. De acordo com a sua composição, as embalagens comestíveis apresentam diferentes funções, e por isso a escolha depende da natureza do produto a ser acondicionado. Comparando a função de barreira das embalagens comestíveis, tipo hidrocoloidais (polissacarídeos ou proteínas), com alguns polímeros sintéticos, observa-se que a permeabilidade a vapor de água dos filmes comestíveis é maior em relação a alguns sintéticos (Figura 10). Ao contrário, a permeabilidade a oxigênio das embalagens comestíveis hidrocoloidais é baixa (Figura 11), por causa da sua natureza hidrofílica, o que é desejável quando se quer, por exemplo, baixar a taxa de respiração para retardar o amadurecimento de frutas (KROCHTA *et al.*, 1997).

Figura 10. Permeabilidade ao vapor de água de filmes comestíveis e sintéticos a 23°C e 50 % UR (RINDLAV-WESTLING *et al.*, 1998).

Figura 11. Permeabilidade a oxigênio de filmes comestíveis e sintéticos a 23°C e 50% UR (RINDLAV-WESTLING *et al.*, 1998).

Revestimentos comestíveis têm sido desenvolvidos com as mais diferentes matrizes, ente as quais amidos, caseína e proteínas. Esses componentes, de caráter hidrofílico, produzem uma película de baixa barreira ao vapor de água. Para melhorar as características do filme, são adicionados à emulsão compostos com funções emulsificante, plastificante e surfactante, tais como glicerol, polietileno glicol, ácidos graxos e caseinato de cálcio (McHUGH *et al.*, 1994).

Componentes lipídicos conferem aos filmes importantes características de barreira a vapor de água, mas apresentam a desvantagem de modificar a transparência dos mesmos. A adição de ácido esteárico melhora a flexibilidade de filmes comestíveis à base de amido e glicerol, mas diminui acentuadamente a transparência do filme.

As embalagens comestíveis são apresentadas de duas formas: como filme ou como cobertura. Frequentemente esses dois termos são usados indistintamente; no entanto, o filme é uma fina película formada separadamente do alimento e depois aplicada sobre o mesmo, enquanto que o revestimento ou cobertura é uma suspensão ou emulsão aplicada diretamente sobre a superfície do alimento, ocorrendo então a formação de fina película sobre o produto (GENNADIOS e WELLER, 1990).

As técnicas mais empregadas para aplicar a suspensão ou emulsão nos alimentos são a pulverização e a imersão. No processo de pulverização, a suspensão ou emulsão deve apresentar baixa viscosidade para ser pulverizada sobre o produto, formando rapidamente uma cobertura transparente sobre o mesmo. A imersão consiste em submergir o produto na emulsão ou suspensão por um determinado tempo.

5. Revestimentos comestíveis antimicrobianos

Uma inovação da embalagem comestível é que ela pode ser ativa, pela sua habilidade de carregar aditivos alimentares como vitaminas, flavorizantes, antimicrobianos, antioxidantes, nutrientes, corantes e outros ingredientes funcionais, interagindo com o alimento. As propriedades modificadas levam a melhorias na estabilidade, qualidade, segurança e funcionalidade dos alimentos (LABUZA e BREENE, 1989; AHVENAINEN, 1997). É importante lembrar que essas substâncias são reconhecidas como seguras para o consumo (GRAS) e devem ser processadas dentro das Boas Práticas de Fabricação (BPF) estabelecidas para alimentos.

Existem muitas pesquisas sobre embalagens comestíveis, especificamente de revestimentos para frutas e vegetais frescos e minimamente processados. Um revestimento à base de zeína (proteína de milho) e glicerol foi usado para cobrir tomates frescos, tendo os pesquisadores observado que os frutos revestidos apresentaram redução da taxa de respiração, mantendo a cor, a firmeza e o peso durante mais tempo do que os frutos não revestidos (PARK *et al.*, 1994).

O amido de mandioca, aplicado como emulsão em morangos frescos, contribuiu para a diminuição da perda de peso, retenção de cor e aumento da vida de prateleira dos frutos, quando comparado com o controle (HENRIQUE e CEREDA, 1999).

No mercado americano existe uma cobertura para a conservação de frutas à base de hidroxipropilcelulose adicionado de uma mistura de vitaminas e minerais,

que, quando usada em manga, aumenta a vida de prateleira dos frutos, retarda o processo de maturação e diminui o amolecimento e a perda de peso, comparativamente com os frutos não revestidos (BALDWIN *et al.*, 1995).

Outro fator importante é o esbranquiçamento, que ocorre, por exemplo, em cenouras minimamente processadas. O uso de um revestimento comestível a base de amido de inhame e quitosana, aplicado sobre cenouras fatiadas, manteve a cor inicial por um período de catorze dias sob temperatura de 8°C (Figura 12).

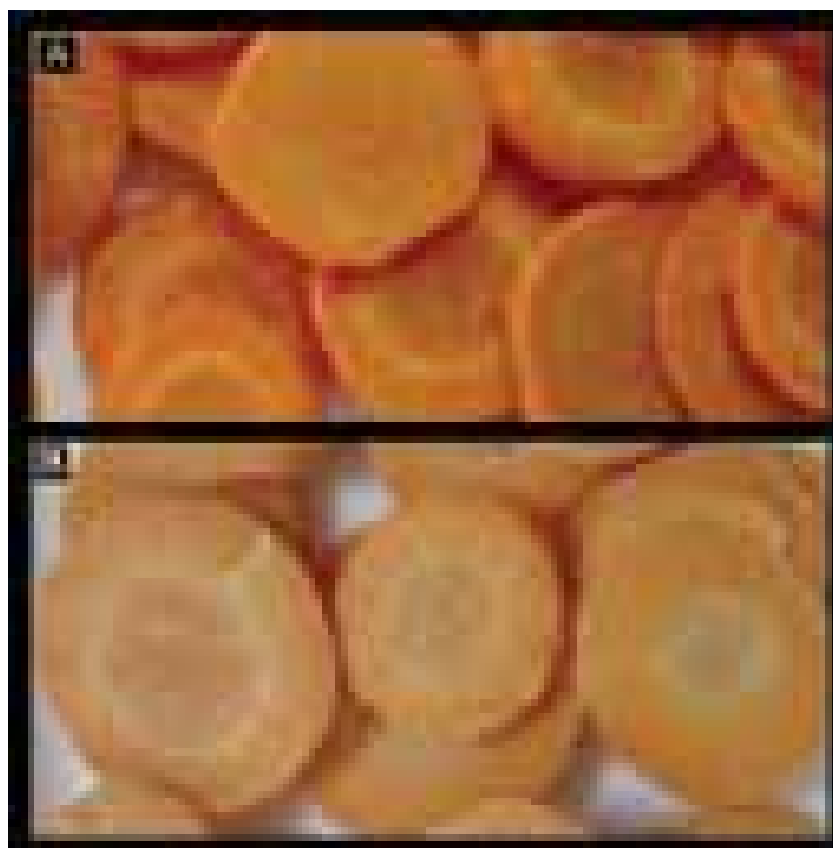


Figura 12. Cenouras com (A) e sem (B) revestimento à base de amido de inhame e quitosana, após catorze dias de estocagem a 8°C. O esbranquiçamento é menor com o revestimento. (Foto: Nilda F. Soares)

A embalagem antimicrobiana é uma inovação no segmento de embalagens ativas comestíveis. A contaminação microbiana reduz a vida de prateleira dos alimentos e incrementa o risco de doenças. Tradicionalmente, os antimicrobianos são adicionados diretamente aos alimentos, mas a sua atividade pode ser inibida por proteínas, lipídios e ácidos, dentre outros compostos, diminuindo a sua eficiência. Por isso, a embalagem comestível antimicrobiana tem-se apresentado como alternativa eficiente no controle da contaminação. Além disso, a contaminação microbiana é maior na superfície do produto, enquanto a embalagem

antimicrobiana, pelo contato com o alimento e a liberação gradativa dos compostos antimicrobianos, tem função importante na conservação do alimento.

É importante ressaltar que os biopolímeros, devido à sua molécula menos reticulada, permitem melhor liberação dos antimicrobianos do que os polímeros sintéticos. Os antimicrobianos mais usados são: ácido sórbico, ácido propiônico, sorbato de potássio, ácido benzóico, benzoato de sódio e ácido cítrico (APPENDINI e HOTCHKISS, 2002; SOARES *et al.*, 2002). Também como antimicrobianos estão sendo usadas bacteriocinas, como nisina e pediocina (SEBTI e COMA, 2002; RAMOS, 2003).

A quitosana é outra substância empregada em filmes antimicrobianos. Ela tem ação bactericida e fungicida, por sua capacidade de se ligar às moléculas de água e inativar as enzimas microbianas e absorver os nutrientes usados pelos microorganismos.

Os antimicrobianos podem controlar a contaminação microbiana mediante alguns destes três mecanismos: redução da taxa de crescimento, aumento da fase *lag* ou inativação por contato (QUINTAVALLA e VICINI, 2002).

O uso de revestimentos comestíveis incorporados com antimicrobianos, para atuar na inibição de microorganismos contaminantes da superfície de produtos vegetais, foi testado em cenoura e mostrou resultados promissores. A incorporação de quitosana em filme à base de amido de inhame mostrou redução de dois, três e um ciclo logarítmico na contagem de bactérias mesófilas, fungos filamentosos e leveduras e psicrotróficos, respectivamente. O efeito do revestimento contendo 1,5% de quitosana foi acentuado sobre o crescimento das bactérias lácticas, inibindo seu crescimento durante o período de quinze dias de estocagem (Figura 13).

Outros componentes como antioxidantes podem ser incorporados nos filmes com a finalidade de retardar o escurecimento enzimático. A eficiência do ácido ascórbico em diminuir o escurecimento enzimático, em maçãs e batatas fatiadas, foi melhor quando incorporado em uma emulsão, comparativamente com a imersão do produto diretamente em solução aquosa do ácido (BALDWIN *et al.*, 1995).

Filme de base celulósica incorporado com mistura de ácido ascórbico e ácido cítrico mostrou excelente eficiência na inibição do escurecimento de batatas minimamente processadas, embaladas sob vácuo e em contato com o filme antiescurecimento. A cor das batatas fatiadas manteve-se similar à inicial, por vinte dias, a 8°C, em comparação com a batata-controle (sob vácuo e sem contato com o filme antiescurecimento) (BENÍCIO *et al.*, 2003).

Os filmes antimicrobianos vêm sendo amplamente pesquisados com o objetivo de contribuir como mais uma alternativa para a segurança e a manutenção da qualidade dos produtos alimentícios (ROONEY, 1995; VERMEIREN *et al.*, 1999; QUINTAVALLA e VICINI, 2002; SOARES *et al.*, 2002; APPENDINI e HOTCHKISS, 2002).

Figura 13. Contagem de mesófilos aeróbios, fungos, bactérias lácticas e psicotróficas em cenoura fatiada minimamente processada, acondicionada em bandejas de poliestireno envolta em filme de PVC.

6. Absorvedores de oxigênio

O uso de absorvedores de oxigênio na conservação de alimentos vem crescendo a cada dia. Esta técnica foi desenvolvida para a diminuição do teor de oxigênio na atmosfera interna dos alimentos acondicionados. A concentração de O_2 no interior da embalagem, usando essa técnica, pode alcançar níveis inferiores aos de O_2 remanescente, comumente encontrados em produtos sob vácuo.

Para se obter maior efetividade dos absorvedores, algumas condições devem ser observadas, como o uso de embalagens ou filmes com alta barreira a O_2 , com taxa de permeabilidade para esse gás de no máximo $20 \text{ cm}^3/\text{m}^2 \cdot \text{atm} \cdot \text{dia}$. A selagem deve ser bem feita, de modo que o O_2 não se difunda através dela.

Outro parâmetro importante é a seleção do absorvedor apropriado, tanto em relação ao tipo quanto ao tamanho (capacidade) a ser usado (NAKAMURA e HOSHINO, 1983). Para se escolher o absorvedor, alguns fatores inter-relacionados devem ser observados, como o estado físico e a atividade de água do alimento, quantidade de O_2 dissolvido, nível inicial de O_2 no espaço livre e permeabilidade a O_2 da embalagem (SMITH *et al.*, 1990; SMITH *et al.*, 1995).

Segundo Abbott (2002), as principais vantagens do uso dos absorvedores é a sua capacidade de reduzir os níveis de O_2 para menos de 0,01%, que é menor

do que os tipicamente encontrados (0,3% a 3%) nos sistemas tradicionais de atmosfera modificada – a vácuo ou com substituição da atmosfera interna por gás inerte. O método tem despertado interesse como uma nova forma de embalagem para preservar os alimentos, podendo substituir ou, principalmente, complementar os métodos empregados para reduzir o nível de oxigênio no interior das embalagens (NAKAMURA e HOSHINO, 1983; ABE e KONDOH, 1989).

Os absorvedores podem ser usados sozinhos ou combinados com atmosfera modificada. No caso dessa associação, além da necessidade de equipamentos para aplicação da atmosfera modificada, diminui a velocidade do envase. Porém essa associação é de uso comum no mercado, para a redução do O₂ a níveis desejados.

Deve-se também atentar para os baixos teores de oxigênio no interior da embalagem de produtos minimamente processados, que promovem a respiração anaeróbica com formação de odores estranhos. Couve minimamente processada, acondicionada em bandeja de poliestireno envolta em duas camadas de filme de cloreto de polivinila – PVC, com ou sem sachê absorvedor de oxigênio, e estocada a temperatura de 5°C, apresentou teor de oxigênio de 6% e 9%, respectivamente, após catorze dias de estocagem. Apesar da baixa temperatura de estocagem, o sachê foi eficiente na redução do oxigênio no interior da embalagem. Não foi percebido odor desagradável no produto, e a contagem de psicrotróficos e mesófilos não diferiu para os dois sistemas (SILVA *et al.*, 2003) (Figura 14).



Figura 14. Detalhe do uso de sachês absorvedores de oxigênio em embalagens de hortaliças minimamente processadas. (Foto: Nilda F. F. Soares)

7. Referências bibliográficas

ABBOTT, R. Intelligent paper packaging of unwrapped. Disponível em: <www.pirapackaging.com>. Acesso em: out. 2002.

ABE, Y.; KONDOH, Y. Oxygen absorbers. In: BRODY, A. L. **Controlled/modified atmosphere/vacuum packaging of foods**. Trumbull, Westport: Food and Nutrition Press, 1989. cap. 9, p.149-158.

AHVENAINEN, R.; HURME, E. Active and smart packaging for meeting consumer demands for quality and safety food. **Additives Contaminants**, v. 14, p. 753-763, 1997.

APPENDINI, P.; HOTCHKISS, J. H. Review of antimicrobial food packaging. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 3, p. 113-126, 2002.

BALDWIN, E. A.; NISPEROS-CARRIEDO, M. O.; BARKER, R. A. Edible coatings for lightly processed fruits and vegetables. **Hortscience**, v. 30, p. 35-38, 1995.

BENÍCIO, R. T.; YOKOTA, S. R. C.; REIS, R. C.; CARNEIRO, J. D. S.; JUNQUEIRA, M. S.; SOARES, N. F. F. Efeito de embalagens ativas no escurecimento enzimático de batatas (*Solanum tuberosum*) fatiadas e minimamente processadas. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 5., 2003, Campinas. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2003. CD-ROM.

CANTWELL, M. Preparation and quality of fresh cut produce. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2000. 183 p.

GENNADIOS, A.; WELLER, C. Edible films and coatings from wheat and corn proteins. **Food Technology**. v. 44, n. 10, p. 63-69, 1990.

GERALDINE, R. M. **Parâmetros tecnológicos para o processamento mínimo de alho (*Allium sativum* L.)**. 2000. 83 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2000.

HEIMDAL, H.; KUHN, B. F.; POLL, L.; LARSEN, L. M. Biochemical changes and sensory quality of shredded and MA-packaged iceberg lettuce. **Journal of Food Science**, v. 60, n. 5, p. 1265-1268, 1995.

HENRIQUE, C. M.; CEREDA, M. P. Utilização de biofilmes na conservação pós-colheita de morango (*Fragaria ananassa* Duch) 'IAC Campinas'. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, SP, v. 19, n. 2, p. 231-233, 1999.

KROCHTA, J. M.; DeMULDER-JOHNSTON, C. Edible and biodegradable polymer films: challengers and opportunities. **Food Technology**, v. 51, n. 2, p. 61-74, 1997.

LABUZA, T.; BREENE, W. Application of active packaging for improvement of self-life and nutritional quality of fresh and extended shelf-life foods. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 13, p. 81-89, 1989.

McHUGH, T. H.; KROCHTA, J. M. Sorbitol- vs glycerol-plasticized whey protein edible films: integrated oxygen permeability and tensile property evaluation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 42, n. 4, p. 841-845, 1994.

NAKAMURA, H.; HOSHINO, J. Technique for the preservation of food by employment of oxygen absorbers. In: MITSUBISHI GAS COMPANY (Ed.). **Sanitation control for food sterilizing techniques**. Tokyo, Sanyu Publishing, 1983. p. 1-45.

PARK, H. J.; CHINNAN, M. S; SHEWFELT, R. L. Edible coating effects on storage life and quality of tomatoes. **Journal of Food Science**, v. 59, n. 3, p. 568-570, 1994.

QUINTAVALLA, S.; VICINI, L. Antimicrobial food packaging in meat industry. **Meat Science**, v. 62, p. 373-380, 2002.

RAMOS, N. M. **Uso de embalagem ativa incorporada com nisina na conservação de queijo coalho**. 2003. 59 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2003.

RINDLAV-WESTLING, A.; STADING, M.; HERMANSON, A. M.; GATENHOLM, P. Structure, mechanical and barrier properties of amylose and amylopectin films. **Carbohydrate Polymers**, v. 36, p. 217-224, 1998.

ROONEY, M. L. Active packaging in polymer films. In: _____. (Ed.). **Active food packaging**. London: Blakie Academic and Professional, 1995. p. 74-110.

SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; OLIVEIRA, L. M.; CANAVESI, E. **Requisitos de conservação de alimentos em embalagens flexíveis**. Campinas, CETEA/ITAL, 2001. 213 p.

SEBTI, I.; COMA, V. Active edible polysaccharide coating and interactions between solution coating compounds. **Carbohydrate Polymers**, v. 49, p. 139-144, 2002.

SILVA, P. S.; SOARES, N. F. F.; GERALDINE, R. P.; PUSCHAMN, R.; OLIVEIRA, E.; CARNELOSSI, M. Uso de absorvedor de oxigênio na conservação de folhas de couve minimamente processada. **Revista CERES**, v. 288, mar./abr. p. 191-202, 2003.

SILVA, V. A. **Fisiologia de cenoura minimamente processada**. 2003. 78 f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2003.

SMITH, J. P.; HOSHINO, J.; ABE, Y. Interactive packaging involving sachet technology In: ROONEY, M. L. **Active food packaging**. Glasgow: Chapman & Hall, 1995. p.143 –173.

SMITH, J. P.; RAMASWAMY, H. S.; SIMPSON, B. K. Development in food packaging technology, part 2: storage aspects. **Trends in Food Science and Technology**, v. 11, p. 111-118, 1990.

SOARES, N. F. F.; RUTISHAUSER, D. M.; MELO, N.; CRUZ, R. S.; ANDRADE, N. J. Inhibition of microbial growth in bread through active packaging. **Packaging Technology and Science**, v. 15. p. 129-132, 2002.

STEWART, R. F.; MOHR, J. M.; BUDD, A.; PHAN, L. X.; ARUL, J. Temperature-compensating films for modified atmosphere packaging of fresh produce. In: EL-NOKALY, M. A.; PIATT, D. M.; CHARPENTIER, B. A. (Ed.). **Polymeric delivery systems**. Washington: American Chemical Society, 1993. ACS Symposium Series, n. 520, p. 232-243,.

TELES, C. S. Avaliação física, química e sensorial de couve minimamente processada armazenada sob atmosfera modificada. 2001. 105 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

VERMEIREN, L.; DEVLIEGHERE, F.; Van BEEST, M.; KRUIJF, de N.; DEBEVERE, J. Development in the active packaging of foods. **Trends in Food Science and Technology**, v. 10, p. 77-86, 1999.

ZAGORY, D. What modified atmosphere packaging can and can't do for you. ANNUAL POSTHARVEST CONFERENCE & TRADE SHOW, 16. 2000. Washington State University, Yakima Convention Center. **Anais**.. Washington State University, 2000.

Capítulo 7

Qualidade sensorial

*Valéria P. R. Minim
Maria I. S. Dantas*



1. Introdução

A análise sensorial é usada para evocar, medir, analisar e interpretar as reações produzidas pelas características dos alimentos como são percebidas pelos sentidos da visão, olfato, gosto, tato e audição (ABNT, 1993). Esse tipo de análise é uma técnica de medição tão importante para avaliar e conhecer a qualidade de um alimento quanto podem ser outros tipos de análises, como as microbiológicas e as físico-químicas. Na indústria de alimentos, o uso de técnicas modernas de análise sensorial tem sido um meio seguro para:

- caracterizar diferenças e similaridades entre produtos que disputam um mesmo mercado consumidor;
- otimizar atributos de aparência, aroma, sabor e textura de alimentos em função de expectativas do mercado consumidor;
- avaliar alterações sensoriais que ocorrem em função do tempo e de condições de armazenamento, do tipo de embalagem, de variações no processamento, de variações na matéria-prima etc.

É considerada uma análise subjetiva, uma vez que depende do julgamento de humanos por meio dos órgãos do sentido, sendo influenciada pela experiência e capacidade do julgador, além de fatores externos como local da análise, estado emocional e de saúde do provador, condições e formas de apresentação da amostra-teste. Contudo, o emprego correto da técnica sensorial leva a resultados reprodutíveis, com precisão e exatidão comparáveis às dos métodos denominados objetivos (CHAVES e SPROESSER, 1996).

Há um grande número de métodos de análise sensorial, agrupados como discriminativos, descritivos e afetivos, e novos métodos continuam sendo desenvolvidos. Neste capítulo serão abordados apenas os métodos afetivos.

2. Métodos afetivos de análise sensorial

Os testes afetivos são uma importante ferramenta de análise sensorial, por acessar diretamente a opinião de consumidores efetivos e potenciais. Segundo Meilgard *et al.* (1991), as possibilidades de aplicação dos testes afetivos são:

- manutenção da qualidade de um determinado produto, avaliando-se a aceitação deste em função de alterações na formulação, substituição de matéria-prima e modificações no processamento ou no acondicionamento;
- otimização de produtos e/ou processos, buscando-se a melhoria da qualidade e a redução dos custos de produção e de distribuição;

- desenvolvimento de novos produtos e processos, aplicando-se vários testes durante o desenvolvimento de uma nova formulação. Protótipos e produtos concorrentes podem ser incluídos nesses testes;
- acesso ao mercado potencial, trabalhando em conjunto o setor de “marketing” e o setor responsável pela análise sensorial;
- avaliação e revisão de categorias de produto, visando estudar o desempenho de determinado produto para entender a posição de sua marca em relação à de empresas concorrentes.

2.1 Equipe de participantes

Um grupo de pessoas deve ser selecionado como amostra representativa de uma população maior, no caso o mercado consumidor, sobre o qual o analista espera tirar algumas conclusões. Esse grupo deve ser composto de consumidores habituais ou consumidores em potencial do produto a ser testado.

Na amostragem de consumidores não é recomendada a inclusão de funcionários, porque podem facilmente reconhecer produtos da empresa e ter uma atitude positiva só porque ajudou a fabricá-lo, ou ter uma atitude negativa porque ele se encontra em atrito com a empresa. Funcionários podem também vir a dar pesos para certas características do produto de forma diferente dos consumidores. Contudo, pelas facilidades oferecidas, freqüentemente são incluídos funcionários em pré-testes.

Em testes afetivos, a seleção de provadores não está relacionada a habilidades sensoriais como discriminar amostras ou descrever atributos do produto, mas, sim, com a busca de pessoas incluídas na população-alvo para o qual o produto é destinado (ASTM, 1968; MEILGARD *et al.*, 1991; DAMÁSIO e SILVA, 1996). Por exemplo, num teste com produtos minimamente processados, procura-se trabalhar com a população das classes econômicas A e B.

2.2 Locais de aplicação

Os testes afetivos podem ser aplicados em ambiente de laboratório, onde as condições são mais passíveis de controle, em locais centralizados (supermercados, escolas etc.) e em domicílios. Nos testes realizados em laboratório de análise sensorial, em cabines individuais, o número de consumidores varia de vinte e cinco a cinquenta indivíduos, e o número de amostras, de duas a cinco em cada sessão. São usados na seleção preliminar de amostras para futuros testes e para gerar informações para a área de desenvolvimento de produtos e processos (STONE e SIDEL, 1985; MEILGARD *et al.*, 1991).

Os testes em local central são conduzidos em áreas onde há grande potencial de consumidores, como escolas, “shopping centers”, clubes e locais similares. As pessoas podem ser pré-selecionadas por telefone ou interceptadas no local, inquiridas

se desejam participar do teste e selecionadas de acordo com os pré-requisitos estabelecidos. Geralmente são recrutados mais de cem indivíduos em cada local onde o teste é realizado. As amostras dos produtos são apresentadas codificadas com números de três dígitos. O número de amostras testadas pode variar de duas a quatro (STONE e SIDEL, 1985; MEILGARD *et al.*, 1991; CHAVES, 1993).

Na maioria das vezes, o teste em residências representa a finalização do teste de consumidor. É realizado na casa do consumidor sob condições normais de uso do produto. Os participantes são selecionados para representar a população-alvo, podendo também ser obtida a opinião da família inteira. Deve-se levar em conta a influência dos membros da família entre si. Em complementação, podem-se obter informações sobre a embalagem e as instruções de uso do produto.

O tamanho típico da amostra é de setenta e cinco a trezentas famílias por cidade, em três a quatro cidades diferentes. Geralmente um ou dois produtos são avaliados e comparados. Quando dois produtos são testados, o primeiro é usado por quatro a sete dias, após o preenchimento do questionário, e o segundo é oferecido em seguida para avaliação. O maior número de amostras envolve risco de menor retorno de resposta, por causa de férias familiares, desistências, perda de formulários, desinteresse etc. (MEILGARD *et al.*, 1991).

As vantagens e desvantagens dos diferentes locais para realização dos testes afetivos estão apresentadas na Tabela 1.

2.3 Tipos de teste afetivo

Os testes afetivos podem ser classificados basicamente em duas categorias:

1. testes de preferência: quando o objetivo é avaliar a preferência do consumidor quando ele compara dois ou mais produtos entre si.
2. testes de aceitabilidade: quando o objetivo é avaliar o grau com que consumidores gostam ou desgostam de um produto.

Os testes de preferência são normalmente comparativos, não fornecendo medida de aceitação do produto, a menos que a preferência seja manifestada em relação a um produto de aceitação conhecida. Aceitação refere-se à expectativa de uso efetivo do produto, isto é, à disposição do consumidor de comprar e consumir o produto. Assim, um produto pode ser preferido em relação a outro em um teste de preferência e nenhum dos dois ter boa aceitação (CHAVES, 1993).

Os métodos mais empregados para a avaliação de preferência são: comparação pareada e ordenação. Para medida da aceitação de produtos são adotadas várias escalas, como a hedônica, a do ideal e a de atitude (CHAVES, 1993). Neste capítulo será abordada apenas a escala hedônica, por ser a mais empregada.

Tabela 1. Vantagens e desvantagens de diferentes locais para a realização dos testes afetivos.

2.4 Escala hedônica

É aquela que expressa o gostar ou desgostar (ABNT, 1993). As melhores escalas são as balanceadas, porque apresentam número igual de categorias positivas e negativas. As escalas não balanceadas, ao contrário, são pouco usadas, por apresentarem mais termos do lado positivo da escala do que do negativo, com os termos mais espaçados, podendo não ser muito claros para o provador. Nas Figuras 1 a 3 estão apresentados exemplos de escalas hedônicas.

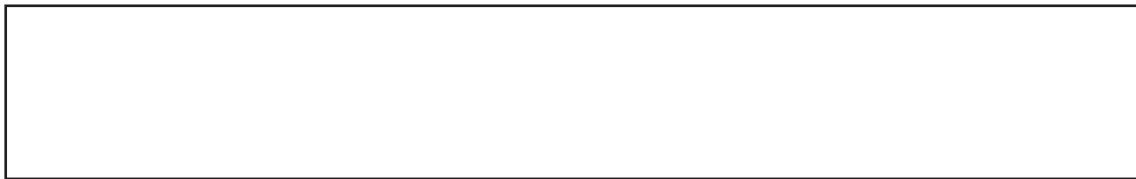


Figura 1. Escala hedônica baseada em expressões faciais.

Figura 2. Escalas hedônicas verbais com 9, 7 e 5 categorias.

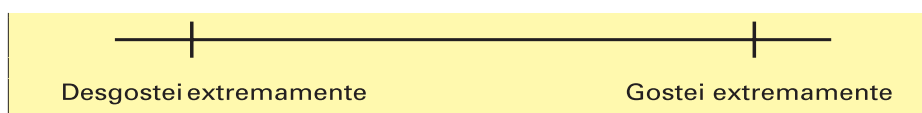


Figura 3. Escala hedônica não estruturada de 9 cm entre as âncoras.

2.5 Princípio do teste

O provador recebe as amostras codificadas, com números de três dígitos, e é solicitado a avaliar os seus sentimentos com relação a cada amostra, usando uma escala similar às das Figuras 1 a 3. Pode-se avaliar somente a aceitação global, ou seja, o produto como um todo, ou também avaliar a aceitação de atributos do produto, como: cor, espessura do corte, gosto doce etc.

2.6 Apresentação das amostras

Na maioria dos casos, é desejável apresentar as amostras de forma monádica (uma de cada vez) e seqüencial (uma após a outra). Recomenda-se que todos os provadores provem todas as amostras, o que pode ser realizado com um delineamento de blocos completos ou com um bloco incompleto balanceado.

2.7 Avaliação dos resultados

As folhas de respostas preenchidas pelos provadores selecionados ao acaso, dentre os membros da população de consumidores do produto, são organizadas e a escala nominal é transformada em valores numéricos (Tabela 2) para análise dos resultados (CHAVES e SPROESSER, 1996).

Tabela 2. Transformação da escala nominal em numérica.

Escala nominal	Escala numérica
Gostei extremamente	9
Gostei muito	8
Gostei moderadamente	7
Gostei ligeiramente	6
Não gostei nem desgostei	5
Desgostei ligeiramente	4
Desgostei moderadamente	3
Desgostei muito	2
Desgostei extremamente	1

Os resultados da escala hedônica podem ser avaliados pela análise da distribuição de frequência dos valores hedônicos obtidos em cada amostra, visualizados por meio de histogramas que revelam o nível de aceitação e rejeição e possibilitam a comparação dos desempenhos de duas ou mais amostras (BEHRENS *et al.*, 1999).

Outra forma de analisar os resultados da escala hedônica é com a análise de variância (ANOVA), que considera conjuntamente as avaliações de todos os consumidores e assume que todos apresentam o mesmo comportamento, desconsiderando as suas individualidades.

Com a finalidade de analisar os dados afetivos levando-se em consideração a resposta individual de cada consumidor, e não somente a média do grupo de consumidores que testaram os produtos, foi desenvolvida a técnica intitulada Mapa de Preferência, que tem sido largamente usada por cientistas da área de análise sensorial (BEHRENS *et al.*, 1999; MacFIE e THOMSON, 1988).

O Mapa de Preferência utiliza uma série de procedimentos estatísticos multivariados (análise de componentes principais, análise por agrupamentos, regressões múltiplas) para obter uma representação gráfica das diferenças de aceitação entre produtos.

Essa técnica pode ser dividida em duas categorias: o Mapa de Preferência Interno (MDPREF), quando se constrói o espaço vetorial sobre dados de aceitação / preferência gerados a partir de testes afetivos, e o Mapa de Preferência Externo (PREFMAP), em que o espaço vetorial é construído com dados de análise descritiva ou outras caracterizações físico-químicas e depois é correlacionado com dados de aceitação (MacFIE e THOMSON, 1988; LAWLESS e HEYMANN, 1998).

O Mapa de Preferência Interno é usado para derivar um espaço de amostras onde é possível identificar quais são as mais aceitas pela maioria da população em estudo (SCHILICH e McEWAN, 1992).

A principal vantagem da técnica é prover variabilidade de informações e de opiniões sobre a aceitabilidade das amostras por consumidores individuais. Na prática, o principal problema é que cada consumidor tem de avaliar todas as amostras. Se o número de amostras for grande, pode ocorrer a fadiga dos provadores e com isso os dados podem não ser confiáveis (DAMÁSIO *et al.*, 1999).

3. Nova tendência da análise sensorial

A importância da análise sensorial clássica para avaliar os aspectos sensoriais intrínsecos de um produto é incontestável. Entretanto, existe a tendência de a análise sensorial focar uma abordagem mais ampla, considerando também os fatores extrínsecos (VAN TRIJP e SCHIFFERSTEIN, 1995). O interesse por esse campo vem crescendo bastante nos últimos anos, em razão principalmente da relação estabelecida entre o aspecto comunicacional da embalagem do alimento e a percepção do consumidor (CARDELLO, 1995). Além disso, as características de comunicação das embalagens podem diferenciar-se, ou seja, destacar o produto em relação às expectativas do consumidor.

A expectativa tem sido indicada como um fator determinante na aceitação de novos alimentos, pois pode ou não melhorar a percepção de um alimento, mesmo antes de ser provado. Há dois tipos de expectativas. A primeira é a expectativa sensorial, que leva o consumidor a achar que o produto possui certas características, influenciando a sua percepção durante o consumo. E a segunda é a expectativa hedônica, que está relacionada com o gostar ou não gostar de um produto.

A percepção sensorial talvez seja o mais importante fator determinante no comportamento de compra do consumidor. Por essa razão, tantos os pesquisadores da área de comportamento humano como os da área de “marketing” de alimentos têm o maior interesse no processo da percepção sensorial de alimentos e no seu papel na formação da preferência e seleção de um produto alimentício.

O custo, a preferência e o valor nutricional são fatores primários que afetam a compra e o consumo da maioria dos produtos alimentícios. Entretanto, há fatores adicionais que desempenham papel importante na seleção de novos alimentos, como rótulo, marca, embalagem, disponibilidade, natureza e quantidade de informação, familiaridade do consumidor com o produto e instruções de uso. Tais fatores geram expectativa no consumidor, tornando-se um elemento determinante na aceitação de novos produtos (CARDELLO *et al.*, 1985).

A embalagem tem um papel significativo na definição da expectativa sensorial do produto. Ao lado de várias funções técnicas como proteção do conteúdo e aumento da vida útil, a embalagem também é usada para identificar o produto e a marca comercial e fornecer outras importantes informações, como a data de fabricação, validade, preço, instrução de preparo, ingredientes, valor nutricional, tecnologia empregada e modo de armazenamento, podendo ser o primeiro contato entre o consumidor e o produto (STONE *et al.*, 1991; SCHOORMANS e ROBBEN, 1997).

4. Exemplos de uso de técnicas sensoriais em produtos minimamente processados

A popularização dos produtos minimamente processados tem, entre outros desafios, a necessidade de orientar o consumidor para o aproveitamento desta opção. Daí a importância de realizar pesquisas de mercado antes do desenvolvimento de produtos ou do melhoramento de produtos já existentes. Desse modo, pode-se identificar a segmentação do mercado, possibilitando com isso que a indústria otimize suas estratégias de “marketing”.

4.1 Exemplo 1 (SILVA, 2003)

A aceitabilidade de cenoura minimamente processada, submetida a diferentes seqüências das etapas do processamento, combinadas com três concentrações de cloro, na etapa de sanitização, foi avaliada por setenta e um consumidores. Esses avaliaram a aparência e sabor, usando escala hedônica de nove pontos.

Com relação à aparência do produto, não houve diferença ($p > 0,05$) de aceitabilidade entre as seqüências do processamento e entre as diferentes concentrações de cloro. As médias obtidas situaram-se entre os termos hedônicos “gostei moderadamente” e “gostei muito” (Tabela 3).

Tabela 3. Médias da aceitabilidade da aparência da cenoura após submetida a seqüências de corte precedente à sanitização e enxágüe (CSE), e corte e enxágüe após a sanitização (SCE), em soluções com as concentrações de 0 mgL⁻¹, 100 mgL⁻¹, 150 mgL⁻¹ e 200 mgL⁻¹ de cloro ativo inicial.

Seqüência	Concentração (mgL ⁻¹)			
	0	100	150	200
CSE	7,21 a	7,28 a	7,24 a	7,14 a
SCE	7,34 a	7,14 a	7,00 a	7,01 a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste F ($p > 0,05$)

As amostras sanitizadas com 200 mg L⁻¹ de cloro ativo após o corte apresentaram menor aceitabilidade ($p < 0,05$) quanto ao sabor, comparadas às amostras sanitizadas com a mesma concentração de cloro antes do corte (Tabela 4). As médias obtidas situaram-se entre os termos hedônicos “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente”.

Além da avaliação da aceitabilidade sensorial, as amostras foram submetidas a análises microbiológicas e os resultados indicaram que as duas seqüências de processamento podem ser adotadas. O aumento da concentração de cloro foi efetivo na redução da contaminação microbiológica; entretanto, quando se usou a concentração de 200 L⁻¹mg, verificou-se alteração no sabor da cenoura ralada antes da sanitização.

Tabela 4. Médias da aceitabilidade do sabor da cenoura após submetida a seqüências de corte precedente à sanitização e enxágüe (CSE) e corte e enxágüe após a sanitização (SCE), em soluções com as concentrações de 0 mgL⁻¹ 100 mgL⁻¹, 150 mgL⁻¹ e 200 mgL⁻¹ de cloro ativo inicial.

Seqüência	Concentração (mgL ⁻¹)			
	0	100	150	200
CSE	6,87 a	6,44 a	6,87 a	6,08 b
SCE	6,89 a	6,70 a	6,70 a	6,77 a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste F(p > 0,05)

A sanitização antes do corte requer cuidados rigorosos com a higienização dos equipamentos durante o manuseio. Esse procedimento torna-se trabalhoso em uma indústria de processamento mínimo que processa grandes quantidades de produtos. Por meio da análise conjunta desses fatores, foi feita a opção pela seqüência em que a cenoura é ralada antes da sanitização, à concentração de 150 mg L⁻¹ de cloro.

4.2 Exemplo 2 (TELES, 2000)

Avaliou-se a aceitação sensorial de couve minimamente processada em três combinações de embalagem e atmosfera ao longo do seu armazenamento a 5°C e 10°C. Foi incluído o tratamento de bandeja de poliestireno expandido (27 cm x 15,5 cm x 4 cm), envolta por policloreto de vinila (PVC) 15 µm, por se tratar de sistema de embalagem usado nas indústrias de alimentos minimamente processados.

As avaliações sensoriais foram realizadas em três estabelecimentos de médio porte, selecionados no comércio de Viçosa, MG, por 115 a 140 consumidores. As análises foram realizadas em condições similares às de compra, ficando as embalagens de couve expostas no setor de frutas e hortaliças de cada mercado.

A cada provador foi pedido que avaliasse a aparência global do produto embalado e preenchesse a ficha de avaliação que continha a escala hedônica de nove pontos. Foi definido como limite de aceitabilidade o valor 6 (gostei ligeiramente), pois o consumidor precisa gostar da aparência do produto para se sentir atraído a consumi-lo. O valor 5, logo abaixo daquele estabelecido como limite, representava indiferença do consumidor em relação ao produto.

A couve minimamente processada, embalada em filmes de plástico de poliolefina, armazenada a 5°C, obteve, no vigésimo dia de armazenamento, índices de aceitação médios, similares aos obtidos no início do armazenamento (Figura 4). Carnelossi (2000) obteve aceitação da couve MP, armazenada em embalagem de poliolefina a 5°C, acima do limite estabelecido, até o décimo dia de armazenamento, após o qual a couve se deteriorou rapidamente, caindo também o índice de aceitação para 2,7.

Em contraste com a couve embalada na poliolefina multicamadas, o mesmo produto embalado em PVC foi aceitável até o sexto e o décimo quinto dia, respectivamente a 5°C e 10°C.

A queda na aceitação da couve embalada em bandejas de poliestireno expandido envolvidas por PVC foi ocasionada principalmente pelo seu amarelecimento e ressecamento.

O acondicionamento da couve minimamente processada em bandejas de poliestireno expandido embaladas com PVC impressionou positivamente os provadores. Na Figura 4, observa-se que, no tempo zero, a 10°C, quando ainda não havia efeito do sistema de modificação de atmosfera sobre a aparência da couve, a aceitação do produto foi estatisticamente maior nas embalagens de PVC ($p < 0,05$, pelo teste de Tukey) do que nos sistemas em que se usou poliolefina.

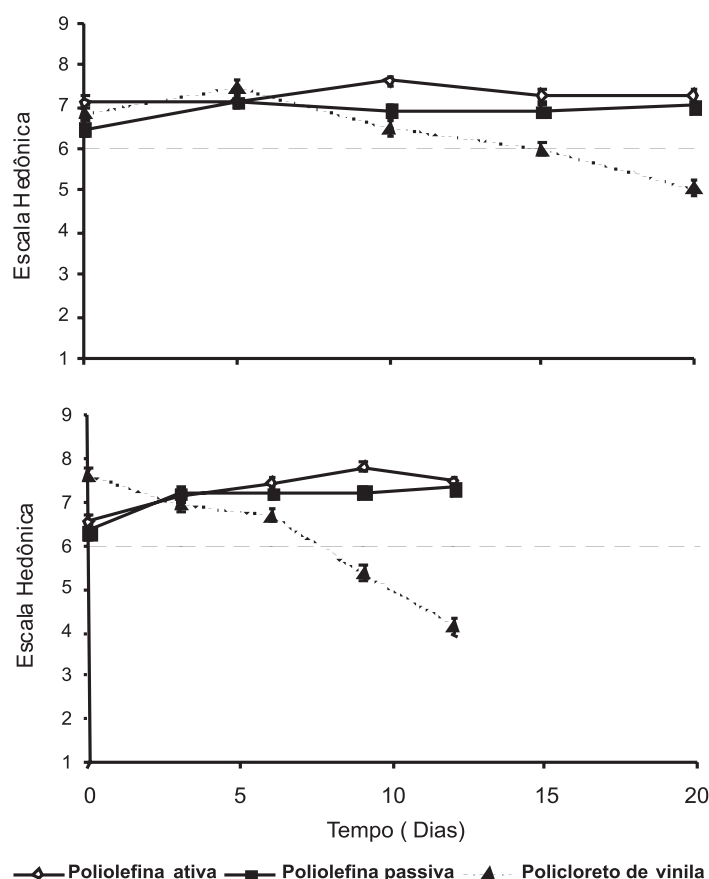


Figura 4. Aceitação do consumidor quanto à aparência global de couve minimamente processada e embalada, durante armazenamento a 5°C e 10°C, em diferentes sistemas de modificação de atmosfera. (Barras verticais representam o erro-padrão da média, e a linha tracejada representa o limite de aceitabilidade).

A couve minimamente processada, armazenada a 10°C e embalada em filmes de plástico de poliolefina, teve alta aceitação até o final do experimento (décimo segundo dia), resultado similar ao obtido por BITTENCOURT (2000) usando a mesma embalagem.

4.3 Exemplo 3 (BITTENCOURT, 2000)

Aplicou-se o teste de aceitação nos dias zero, 6, 12, 16 e 21 de armazenamento do produto, com o objetivo de definir limites de aceitação de couve minimamente processada armazenada a 1°C, 5°C e 10°C.

As análises foram conduzidas no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Viçosa, utilizando-se grupos de noventa julgadores não-treinados, sendo trinta para cada uma das temperaturas estudadas nos tempos de amostragem.

As amostras foram analisadas com relação ao aroma e à aparência, usando-se uma escala hedônica variando de um a nove pontos, referentes, respectivamente, aos termos hedônicos “gostei extremamente” a “desgostei extremamente”. A cada tempo de amostragem foram oferecidas ao provador 25 g do produto em um prato de plástico transparente. Os provadores, distribuídos em cabines individuais, preencheram a ficha de avaliação de cada uma das amostras. Cada julgador avaliou somente uma amostra, e o teste de aceitação sensorial foi conduzido imediatamente após retirar as amostras do ambiente de estocagem.

Observou-se que a aceitação da couve minimamente processada e mantida a 10°C decresceu de forma mais acentuada para as variáveis estudadas (Figura 5). Embora o produto tenha sido aceito quanto à aparência até o décimo dia, o aroma foi suficiente para promover a sua rejeição no oitavo dia de estocagem, segundo os critérios estabelecidos no estudo.

Os resultados apresentados por CARNELOSSI (2000) variaram pouco em relação aos obtidos no presente trabalho. O autor verificou que amostras de couve minimamente processadas, armazenadas em PD 941, mantidas a 1°C, foram aceitas no período de quinze dias de armazenamento; as amostras mantidas a 5°C tiveram boa aceitação até o décimo dia de armazenamento; e as estocadas a 10°C foram aceitas até o terceiro dia. O critério usado por CARNELOSSI (2000) para a aceitação do produto foi também a pontuação igual ou superior a 6 na escala hedônica. Entretanto, as diferenças observadas no período de validade do produto entre este trabalho e o de CARNELOSSI (2000) podem estar relacionadas com os procedimentos diferentes, adotados na seqüência das etapas do processamento mínimo, bem como na aplicação do teste de aceitação do produto ou nas diferenças da matéria-prima.

4.4 Exemplo 4 (DANTAS *et al.*, 2003)

A aceitabilidade sensorial da aparência de quatro amostras de couve, com 1 mm, 2 mm, 5 mm e 10 mm, foi avaliada em dois estabelecimentos comerciais

da cidade de Viçosa, MG, usando uma escala hedônica de nove pontos para as avaliações, sendo os extremos o valor 1, atribuído ao termo hedônico “desgostei extremamente”, e o valor 9, atribuído ao termo “gostei extremamente”. Com consumidores participaram da avaliação.

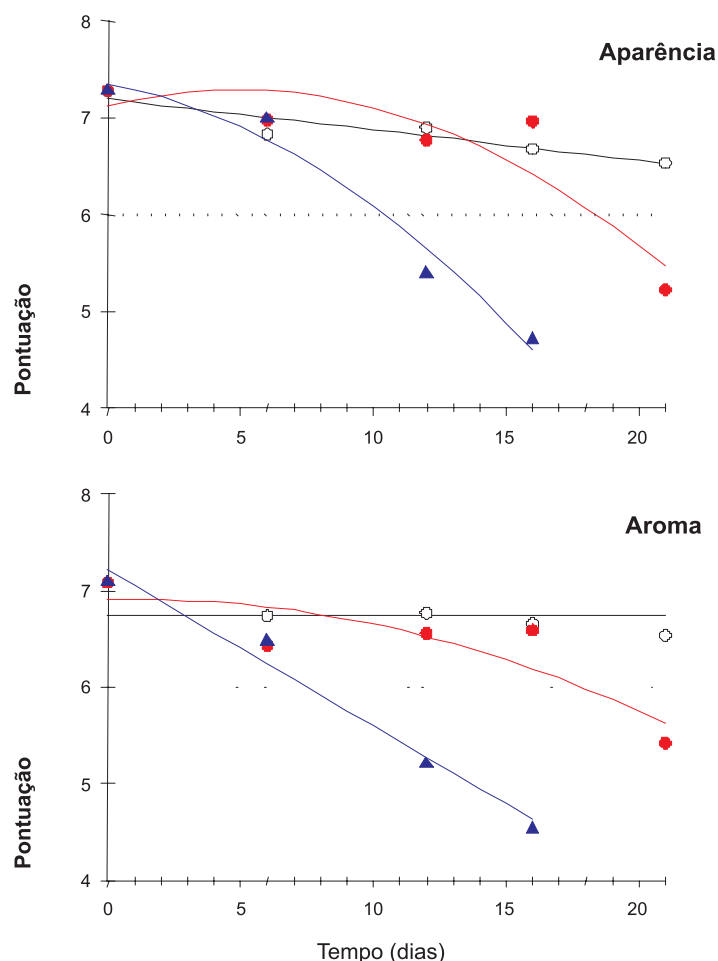
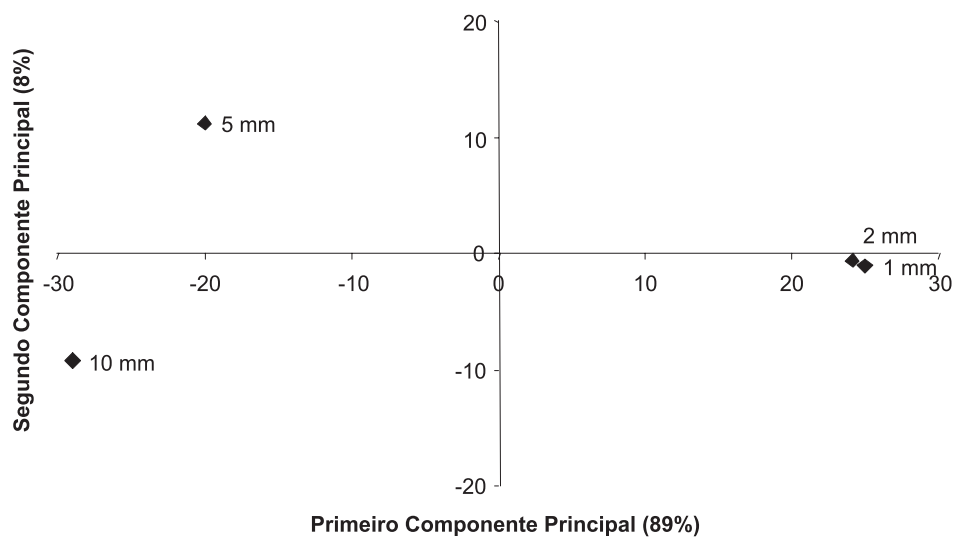


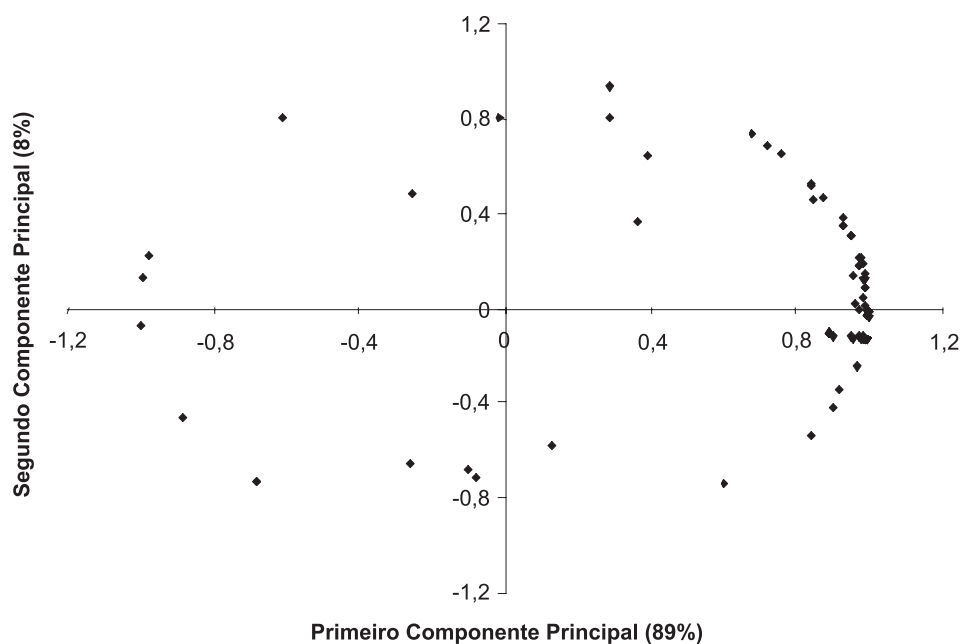
Figura 5. Pontuação atribuída às variáveis aparência e aroma de couve minimamente processada estocada a 1°C (o), a 5°C (•) e 10°C (▲). (A linha pontilhada representa o valor 6 na escala hedônica, que corresponde ao ponto de corte para a aceitação do produto.)

Para a obtenção do Mapa de Preferência Interno ou Análise de Preferência Multidimensional (MDPREF), os dados de aceitação (teste de consumidor) foram organizados numa matriz de amostras (em linhas) e consumidores (em colunas), e esta submetida à Análise de Componentes Principais (ACP).

Os resultados foram expressos em um gráfico de dispersão das amostras (tratamentos) em relação aos dois primeiros componentes principais e em um outro representando os “loadings” (cargas) da ACP (correlações dos dados de cada consumidor com os dois primeiros componentes principais) (Figura 6).



A – Dispersão das amostras de couve minimamente processada em relação à aceitação pelos consumidores.



B – “Loadings” (Cargas) – Correlações entre os dados de aceitação de cada consumidor e os dois primeiros componentes principais.

Figura 6. Mapa de Preferência Interno para amostras de couve minimamente processadas.

A separação espacial das amostras de couve minimamente processada sugere a existência de três grupos de acordo com a sua aceitação, sendo um grupo formado pelas amostras de couve de 1 mm e 2 mm de largura e os outros pelas amostras de 5 mm e de 10 mm.

Na Figura 6, cada ponto representa as correlações entre os dados de aceitação de um consumidor e dos dois primeiros componentes principais. Dessa forma, as amostras de couve minimamente processada que atenderam a um maior número de consumidores em relação à aceitabilidade foram as de 1 mm e 2 mm de largura.

Os consumidores mais próximos do centro do gráfico (Figura 6) não estão correlacionados com ambos os componentes principais e contribuem pouco para a discriminação das amostras, ou seja, são consumidores que consideram as amostras com aceitação semelhante. Este grupo é formado por um pequeno número de consumidores. Entretanto, consumidores correlacionados com pelo menos um dos componentes consideraram diferença na aceitação das amostras. Esses consumidores são a grande maioria.

Consumidores correlacionados positivamente apenas com o primeiro componente principal atribuíram notas mais elevadas para as amostras de couve minimamente processada com 1 mm e 2 mm de largura (amostras mais à direita no gráfico, Figura 6). Desta forma, as amostras de couve minimamente processada que obtiveram aceitação por um maior número de consumidores foram as de 1 mm e 2 mm de largura.

4.5 Exemplo 5 (DANTAS, 2001)

Estudo foi realizado com o objetivo de investigar o impacto causado por alguns aspectos da embalagem e do rótulo na intenção de compra de couve minimamente processada, levando em conta as diferenças individuais dos consumidores para processar as informações contidas nos rótulos e nas embalagens.

Foram manipulados cinco aspectos da embalagem de couve minimamente processada. Em estudo preliminar qualitativo, por meio da técnica de “Focus Group”, foram geradas as características potencialmente relevantes para os alimentos minimamente processados, que serviram como referência para as imagens criadas para este estudo. Tais características foram: cor, preço, visibilidade do produto, informações nutricionais e sobre o processamento e informações sobre o tipo de produção. Com a combinação dessas características e de um delineamento experimental, foram criadas sete embalagens (Figura 7).

Cento e quarenta e quatro consumidores fizeram a avaliação de intenção de compra, em uma escala linear horizontal não estruturada de nove centímetros, composta de duas âncoras nas extremidades: definitivamente não compraria e definitivamente compraria.

Os dados obtidos foram analisados por meio das Análises de Conjunto, de Cluster e de Variância. Os resultados mostraram que, para esse grupo de consumidores, a informação, o tipo de produção, a cor e o preço afetaram significativamente ($p < 0,0001$) a intenção de compra de couve minimamente processada, enquanto a possibilidade de visualizar melhor o produto dentro da embalagem não causou alteração na intenção de compra.

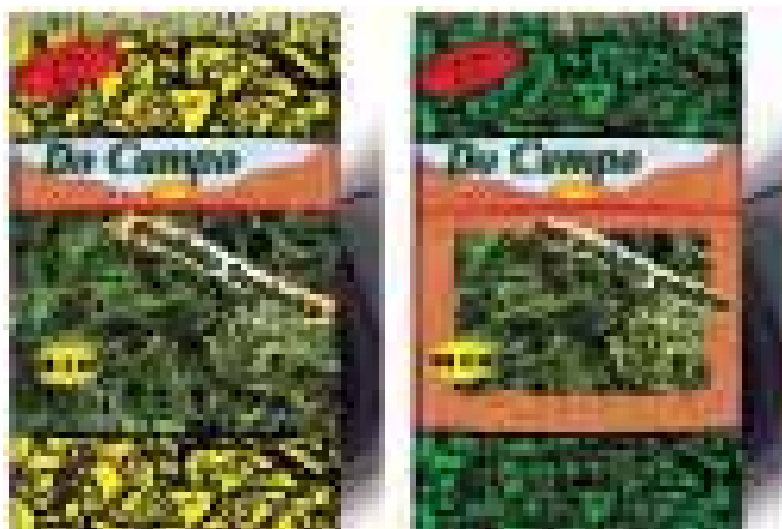


Figura 7. Exemplo de duas de sete embalagens de couve minimamente processada, apresentadas em sessões de estudo de intenção de compra. (Foto: Valéria P. R. Mlnim)

A informação, a especificação sobre o tipo de produção (sem produtos químicos e/ou orgânico), a cor verde e o preço baixo contribuíram para um impacto positivo na intenção de compra desse grupo de consumidores.

A interação tipo de produção-preço foi significativa ($p=0,05$) e este resultado sugere que, independentemente do preço, a característica “sem produtos químicos” foi benéfica para a intenção de compra, enquanto a embalagem sem nenhuma informação sobre o tipo de produção alcançou baixa intenção de compra entre os participantes. Isto mostra que o consumidor está preocupado com a origem do produto que compra.

5. Referências bibliográficas

ASTM – American Society for Testing and Materials. **Manual on sensory testing methods. STP 434.** Philadelphia: ASTM, 1968.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Análise sensorial dos alimentos e bebidas – Terminologia – NBR 12806.** São Paulo: ABNT, 1993.

BEHRENS, J. H.; SILVA, M. A. A. P.; WAKELING, I. N. Avaliação da aceitação de vinhos brancos varietais brasileiros através de testes sensoriais afetivos e técnica multivariada de mapa de preferência interno. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 2, maio/ago. 1999.

BITTENCOURT, M. T. **Atividade microbiana em couve (*Brassica oleracea* cv. *acephala*) minimamente processada.** 2000. 78 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2000.

CARNELOSSI, M. A. G. **Fisiologia pós-colheita de folhas de couve (*Brassica oleracea* cv. *acephala*) minimamente processadas**. 2000. 81 f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG , 2000.

CARDELLO, A. V. Sensory evaluation and consumer food choice. **Cereal Foods World**, v. 40, n. 11, p. 876-878, 1995.

CARDELLO, A. V.; MALLER, O.; MASOR, H. B.; DUBOSE, C.; EDELMAN, B. Role of consumer expectancies in the acceptance of novel foods. **Journal of Food Science**, v. 50, p. 1707-1718, 1985.

CHAVES, J. B. P. **Análise sensorial: histórico e desenvolvimento**. Viçosa, MG: Editora da Universidade Federal de Viçosa, 1993. 31 p.

CHAVES, J. B. P.; SPROESSER, R. L. **Práticas de laboratório de análise sensorial de alimentos e bebidas**. Viçosa, MG: Editora da Universidade Federal de Viçosa, 1996, 81 p.

DAMÁSIO, M. H.; COSTELL, E.; DURAN, L. Optimising acceptability of low-sugar strawberry gels segmenting consumers by internal preference mapping. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Sussex, v. 79, n. 4, p. 626-632, 1999.

DAMÁSIO, M. H.; SILVA M. A. A. P. **Curso de treinamento em análise sensorial**. Campinas, SP: Fundação Tropical de Pesquisas e Tecnologia André Tosello, 1996. Apostila.

DANTAS, M. I. S. **Impacto da embalagem de couve (*Brassica oleraceae* cv. *acephala*) minimamente processada na intenção de compra do consumidor**. 2001, 78 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Imprensa Universitária, Viçosa, MG, 2001.

DANTAS, M. I. S.; MINIM, V. P. R.; PUSCHMANN, R.; CARNEIRO, J. D. S.; BARBOSA, R. L. Mapa de preferência de couve minimamente processada. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n.1, jan./mar. 2004.

LAWLESS, H. T.; HEYMANN, H. **Sensory evaluation of food: principles and practices**. New York: Chapman & Hall, 1988. 819 p.

MacFIE, H. J. H.; THOMSON, D. M. H. Preference mapping and multidimensional scaling. In: PIGGOT, J. R. (Ed.). **Sensory analysis of food**. 2nd ed. New York: Elsevier. 1988. p. 381-407.

MEILGARD, M.; CIVILLE, V.; CARR, B.T. **Sensory Evaluation Techniques**. 2nd ed. Florida, USA: CRC Press, 1991. 354 p.

SCHILICH, P.; McEWAN, J. A. Preference mapping a statistical tool for the food industry. **Science des Aliments**, Paris, v. 12, p. 339-355, 1992.

SCHOORMANS, J. P. L.; ROBBEN, H. S. J. The affect of new package design on product attention, categorization and evaluation. **Journal of Economic Psychology**, v. 18, p. 271-287, 1997.

SILVA, V. A. **Fisiologia de cenoura minimamente processada**. 2003. 83 f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2003.

STONE, H.; McDERMOTT, B. J.; SIDEL, J. L. The importance of sensory analysis for evaluation of quality. **Food Technology**, v. 45, n. 6, p. 88-95, 1991.

STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. London: Academic Press, 1985. 311 p.

TELES, C. S. **Avaliação física, química e sensorial de couve (*Brassica oleracea*, l. var. *acephala*) minimamente processada, armazenada sob atmosfera modificada**. 2000. 114 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2000.

VAN TRIJP, H. C. M.; SCHIFFERSTEIN, H. N. J. Sensory analysis in marketing practice: comparison and integration. **Journal of Sensory Studies**, v. 10, p. 127-147, 1995.

Parte II

Frutas minimamente processadas

Capítulo 8

Processamento mínimo de abacaxi

Bianca S. Souza
José F. Durigan

1. Introdução

O abacaxi é uma planta da família *Bromeliaceae*, que compreende aproximadamente 46 gêneros, destacando-se pela sua importância econômica o gênero *Ananas* Mill (MEDINA, 1978). A fruta é proveniente de regiões tropicais e subtropicais e é muito consumida em todo o mundo, tanto ao natural quanto na forma de produtos industrializados. As excelentes características qualitativas dos frutos se refletem na sua importância socioeconômica (GORGATTI NETO *et al.*, 1996).

As cultivares mais plantadas no Brasil são a 'Pérola' e a 'Smooth Cayenne', sendo a 'Pérola' considerada insuperável para o consumo ao natural, graças à sua polpa suculenta e saborosa (GONÇALVES e CARVALHO, 2000).

De acordo com Chitarra e Chitarra (1990), o abacaxi é uma fruta não-climática, ou seja, deve estar no estágio ótimo de amadurecimento para consumo por ocasião da colheita, pois ao ser destacado da planta ele perde sua capacidade de amadurecimento e passa a apresentar queda na taxa respiratória.

O abacaxi recém-colhido contém 80% a 85% de água, 12% a 15% de açúcares, 0,6% de ácidos, 0,4% de proteínas, 0,5% de cinzas, 0,1% de gordura, fibras e várias vitaminas, com destaque para a **A** e a **C** (SALUNKHE e DESAI, 1984). A sacarose representa, em média, 66% dos açúcares, o que corresponde a teores de 5,9% a 12,0%, sendo muito mais importante que os açúcares redutores, glicose (1,0% a 3,2%) e frutose (0,6% a 2,3%). Ressalte-se, ainda, que o abacaxi tem alto teor de sacarose, mas conteúdo muito baixo de amido (DULL, 1971).

No Brasil, mais de 90% do abacaxi produzido é consumido *in natura*, com perdas ao redor de 10% a 15% do produto colhido (AGRIANUAL, 2003). Esta perda e a falta de incentivo para a sua produção podem ser, em parte, atribuídas à falta de conveniência da fruta, cujo descascamento é trabalhoso e com escorrimento de líquido e requer contenção em embalagem adequada.

Seu consumo poderia ser ampliado se seu grau de conveniência para os consumidores fosse aumentado, ou seja, se pudesse ser comercializado já descascado e/ou na forma de rodela, em embalagens que permitissem o consumo direto e facilitassem o seu uso em serviços de bufê, restaurantes e lojas de "fast food".

O processamento de abacaxi produz alterações químicas, físicas e sensoriais nos frutos, levando à perda de vitaminas (cujo indicador é a vitamina **C**), ao escurecimento (provocado por reações enzimáticas e não-enzimáticas) e à perda de sabor. Por este motivo, a escolha dos equipamentos e dos métodos para processamento é fundamental para a manutenção de suas características de qualidade (MARTIN *et al.*, 1978).

Sarzi e Durigan (2002) observaram escurecimento na polpa de abacaxi 'Pérola' cortado em rodela, quando armazenados a 9°C, devido à ação das polifenoloxidasas. O escurecimento deprecia o produto e inibe a sua comercialização. Abacaxis minimamente processados apresentaram aumento na taxa respiratória na primeira hora após o processamento (SARZI *et al.*, 2002).

Sarzi e Durigan (*ibidem*) também verificaram a influência da temperatura na coloração e nos teores de ácido ascórbico durante o armazenamento e na vida útil do abacaxi 'Pérola' minimamente processado, concluindo que o produto armazenado a 9°C teve vida útil de seis dias, enquanto os armazenados a 3°C ou 6°C tiveram nove dias de vida de prateleira.

Períodos semelhantes também foram determinados por O'Connor-Shaw *et al.* (1994), quando estudaram a qualidade sensorial e microbiológica de abacaxi minimamente processado e armazenado a 4°C. Eles verificaram que ela se manteve inalterada durante sete dias e que no décimo primeiro dia os provadores observaram escurecimento (que se acelerou nos dias consecutivos) e o aparecimento de odor fermentado no produto. Prado *et al.* (2000) também observaram que o abacaxi 'Pérola' minimamente processado pode ser armazenado a 8°C e a 85% de UR por seis dias, mantendo a aparência e o sabor adequados ao consumo.

Em estudo realizado por Sarzi *et al.* (2002), a contagem de coliformes fecais em abacaxi 'Pérola' armazenado foi muito baixa ($< 10^3$ UFC/g) ou nenhuma (ausente). É importante controlar as condições higiênicas no processamento mínimo do produto para preservar essa característica.

O abacaxi 'Pérola' alcança produtividade de 61,84% de produto minimamente processado (SARZI *et al.*, 2002). Daí se pode inferir que, se 5% a 10% da produção de abacaxi no Brasil (cerca de três milhões de toneladas) fossem direcionados para o preparo de produtos minimamente processados, ter-se-ia um mercado diferenciado para cerca de 150 mil a 300 mil toneladas.

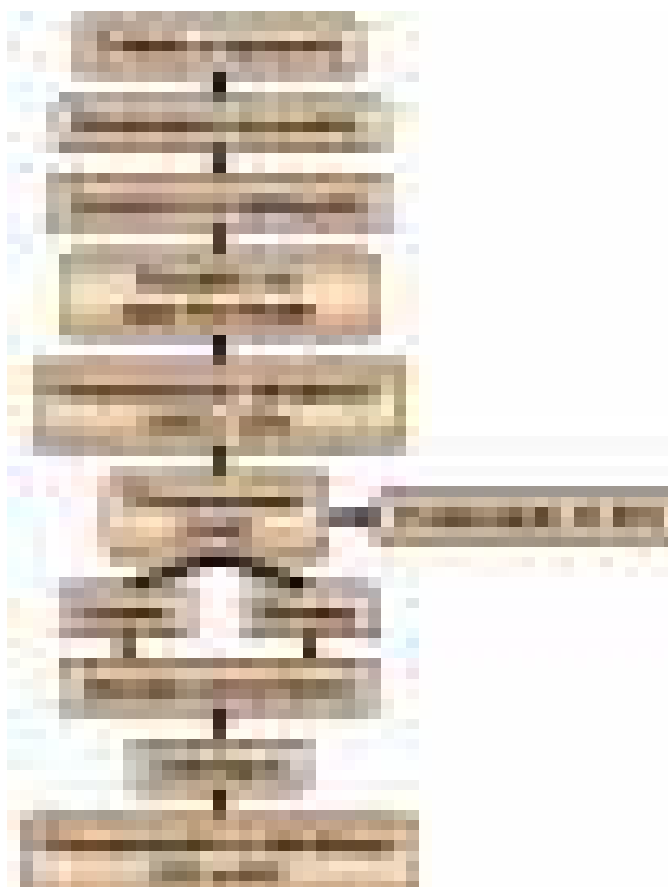
2. Fluxograma e descrição das etapas do processamento mínimo de abacaxi

O fluxograma a seguir (Figura 1) mostra as principais etapas do processamento mínimo de abacaxis. Cada etapa é descrita detalhadamente em seguida.

2.1 Colheita e transporte

Os frutos de abacaxi 'Pérola' devem ser colhidos com qualidade e ponto de maturação "pintado" (até 25% da casca amarelo-alaranjado), de acordo com as normas de classificação do Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura (PROGRAMA, 2000). Neste ponto, os frutos apresentam melhores características para o consumo e para o processamento (Figuras 2 e 3). Os frutos devem ser transportados cuidadosamente para a sala de processamento, no máximo até vinte e quatro horas após a colheita.

Figura 1. Fluxograma do processamento mínimo de abacaxi. (SARZI, 2002).



Figuras 2 e 3. Abacaxis 'Pérola' com coroa (E) e sem coroa (D), selecionados para processamento mínimo. (Fotos: Bianca S. Sousa)

2.2 Recebimento do produto

Por ocasião do recebimento, os frutos devem ser novamente selecionados, para tornar o lote mais uniforme quanto ao grau de maturação e quanto a possíveis danos mecânicos ou podridões. Em seguida, as coroas são cortadas, deixando-se um “talo” de aproximadamente dois centímetros (Figura 3) para facilitar o manuseio, minimizar o estresse e evitar a entrada de patógenos.

2.3 Lavagem com detergente

Os frutos selecionados devem ser lavados com detergente neutro e biodegradável e com água corrente, para a retirada de sujeira proveniente do campo.

2.4 Enxágüe com água fria clorada

Após a lavagem, os frutos devem ser imersos, por cinco minutos, em água fria (5°C) contendo 200 mg de cloro.L⁻¹, para a higienização e retirada de parte do calor de campo. Deve-se usar fonte de cloro autorizada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa).

2.5 Armazenamento refrigerado

Os frutos devem ser mantidos em câmara fria a 10°C. A câmara fria tem de ser previamente lavada e higienizada com solução de cloro a 200 mg.L⁻¹, por um período de doze horas. A refrigeração faz baixar a temperatura dos frutos, reduzindo o seu metabolismo.

2.6 Processamento

O processamento de abacaxi deve ser feito a 10°C, com os utensílios (facas, baldes, escorredores e outros) previamente higienizados com solução de cloro a 200 mg.L⁻¹. Os operadores devem estar protegidos com luvas, aventais, gorros e máscaras, para evitar ao máximo o risco de contaminação dos produtos. Os frutos podem ser submetidos a vários tipos de preparo, com destaque para os descascados e cortados em rodela de 1,5 cm de espessura (Figura 4) ou descascados e cortados em metades longitudinais (Figura 5).

O abacaxi também permite outros tipos de preparo, como o corte em cubos, em rodela sem o cilindro central, em metades longitudinais com a casca ou em metades transversais.

O processamento produz alterações químicas, físicas e organolépticas, levando à perda de vitaminas (cujo indicador é a **C**), ao escurecimento (por reações enzimáticas e não-enzimáticas), e à perda de sabor do abacaxi. Por este motivo, a escolha dos equipamentos e dos métodos de processamento é fundamental para a manutenção de suas características de qualidade.



Figura 4. Aspecto geral de abacaxi preparado em rodelas.
(Foto: Bianca S. Sousa)

Figura 5. Aspecto geral de abacaxi preparado em metades longitudinais.
(Foto: Bianca S. Sousa)



A imersão de pedaços em solução de antioxidantes como o ácido ascórbico pode retardar ou impedir a deterioração dos frutos por oxidação.

As operações descritas correspondem ao processamento manual, mas o processamento pode ser feito de forma mais eficiente com alguns equipamentos disponíveis no mercado, entre os quais: descascador cilíndrico de abacaxi, de aço inox ou de plástico, que retira simultaneamente a casca e o miolo do fruto; equipamento denominado "mult abacaxi", para retirar o miolo do fruto; descascador de abacaxi manual ou pneumático, para descascar e retirar o talo dos frutos, com produção média de até 4.000 frutos a 5.000 frutos/dia; fatiador tipo facas, com produção média de até 5.000 frutos/dia; e raspadeira de casca de abacaxi, para retirar o suco da casca, com produção de até 4.000 frutos a 5.000 frutos/dia.

2.7 Enxágüe e escorrimento

Para eliminar o suco celular extravasado e evitar reações bioquímicas indesejáveis como o escurecimento, decorrente do contato entre enzima e substrato, assim como o crescimento microbiano, os pedaços devem ser

enxaguados com água clorada (20 mg de cloro.L⁻¹) e depois dispostos para escorrer a água por dois a três minutos, para eliminar o excesso de umidade.

2.8 Embalagem

Podem ser usadas embalagens de tereftalato de polietileno (PET) e bandejas de isopor recobertas com filme de cloreto de polivinila (PVC) esticável, com espessura de 0,017 mm, bem como bandejas e copos de plástico.

2.9 Armazenamento e distribuição

Os produtos devem ser armazenados em condições refrigeradas, com temperatura entre 3°C e 6°C, condição que deve ser mantida durante o transporte e a comercialização. Temperaturas mais altas aceleram o metabolismo dos produtos, reduzindo a sua vida útil. Produtos minimamente armazenados de abacaxi 'Pérola', sob refrigeração a 9°C, tiveram vida útil de seis dias; e quando armazenados a 3°C ou 6°C, tiveram nove dias de vida de prateleira (SARZI e DURIGAN, 2002).

Essa redução na vida útil do produto está relacionada ao escurecimento da polpa e à formação de líquido na embalagem (Figura 6). Com a aparência prejudicada, os produtos deixam de ser comercializáveis.



Figura 6. Aspecto geral de abacaxi em rodelas, apresentando escurecimento na polpa.

(Foto: Bianca S. Sousa)

Se em todo o processamento for mantida a baixa temperatura e for adotada a higiene recomendada, ter-se-á um produto de qualidade, comercializável e apto para o consumo por nove dias.

3. Referências bibliográficas

AGRIANUAL. **Anuário da agricultura brasileira 2003**. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio. 2003. p. 179-287.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão, 1990. 293 p.

DULL, G. G. The pineapple: general. In: HULME, A. C. (Ed.). **The biochemistry of fruits and their products**. London: Academic Press, 1971. v. 2, p. 303-324.

GONÇALVES, N. B.; CARVALHO, V. D. de. Características da fruta. In: GONÇALVES, N. B. (Org.). **Abacaxi: pós-colheita**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia. 2000. Cap. 2, p. 13-27 (Frutas do Brasil, 5).

GORGATTI NETO, A.; CARVALHO, V. D. de; BOTREL, N.; BLEINROTH, E. W.; MATALHA, M.; GARCIA, A. E.; ARDITO, E. F. G.; GARCIA, E. E. C.; BORDIN, M. R. **Abacaxi para exportação: procedimentos de colheita e pós-colheita**, Brasília: Embrapa / SPI, 1996. 41 p. (Série Publicações Técnicas Frupep, 23)

MARTIN, Z. J. de; SOUZA JUNIOR, A. J. de; LARA, J. C. C.; HASHIZUME, T. Processamento: produtos e subprodutos, características e utilização. In: MEDINA, J. C.; BLEINROTH, E. W.; MARTIN, Z. J. de; SOUZA JUNIOR, A. J. de; LARA J. C. de; HASHIZUMET, T.; MORETTI, V. A.; MARQUES, J. F. **Abacaxi: da cultura ao processamento**. Campinas: ITAL, 1978. p. 69-94.

MEDINA, J. C. Cultura. In: MEDINA, J. C.; BLEINROTH, E. W.; MARTIN, Z. J. de; SOUZA JUNIOR, A. J. de; LARA J. C. de; HASHIZUMET, T.; MORETTI, V. A.; MARQUES, J. F. **Abacaxi: da cultura ao processamento**. Campinas: ITAL, 1978. p. 5-68.


O'CONNOR-SHAW, R. L.; ROBERTS, R.; FORD, A. L.; NOTTINGHAM, S. M. Shelf life of minimally processed honeydew, kiwifruit, papaya, pineapple and cantaloupe. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 59, n. 6, p. 1202-1215, 1994.

PRADO, M. E. T.; VILAS BOAS, E. V. de B.; SANTOS, J. C. B.; PINHEIRO, A. C. M.; MATTOS, L. M.; ARAÚJO, F. M. M. C.; CHITARRA, A. B.; OLIVEIRA, E. C. M. Influência do hipoclorito de sódio sobre a qualidade de abacaxis minimamente processados. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa. **Resumos...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. p. 5.

PROGRAMA brasileiro para a modernização da horticultura. **Abacaxi (Ananas comosus (L.) Merrill)**. 2000. Disponível em: <www.ceasaminas.com.br>. Acesso em: 20 ago. 2005.

SALUNKHE, D. K.; DESAI, B. B. **Postharvest biotechnology of fruits**. Boca Raton: CRC Press, 1984. v. 2, 194 p.

SARZI, B. **Conservação de abacaxi e mamão minimamente processados: associação entre o preparo, a embalagem e a temperatura de armazenamento**. 2002. 100 f.



Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, 2002.

SARZI, B.; DURIGAN, J. F. Avaliação física e química de produtos minimamente processados de abacaxi 'Pérola'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v. 24, n. 2, p. 333-337, 2002.

SARZI, B.; DURIGAN, J. F.; ROSSI JUNIOR, O. D. Temperatura e tipo de preparo na conservação de produto minimamente processado de abacaxi 'Pérola'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v. 24, n. 2, p. 376-380, 2002.

Capítulo 9

Processamento mínimo de carambola

Gustavo H. A. Teixeira

1. Introdução

Dentre as frutas tropicais usadas no processamento mínimo, a carambola é uma das que apresentam maior potencialidade, não só por seu aspecto decorativo, mas, também, por suas características fisiológicas.

A caramboleira (*Averrhoa carambola* L.) é uma espécie da família Oxalidaceae, originária do sudeste asiático, atualmente distribuída por todo o mundo (LENNOX e RAGOONATH, 1990). Os principais produtores comerciais são os países asiáticos. Segundo Donadio *et al.*, (2001), Taiwan era o maior produtor mundial em 1998, com área plantada de 2.875 hectares, seguido pela Malásia, com 896 hectares. Nas Américas, a Guiana era o maior produtor, com cerca de 500 mil plantas. Os Estados Unidos apresentavam produção regular na Flórida, onde este fruto foi introduzido há mais de um século, com área estimada em 162 hectares e produção de 1,9 milhão de quilos de carambolas embaladas.

O Brasil possuía aproximadamente 300 hectares de carambola em 1989, sendo a maioria das plantas de pés-francos. Somente nas últimas décadas surgiram plantações a partir de mudas enxertadas, o que aumentou a oferta da fruta no mercado. O Estado de São Paulo é o maior consumidor brasileiro de carambolas, com tendência de aumento – em 1992 consumiu 500 toneladas, passando em 1999 para aproximadamente 2.000 toneladas (ARAÚJO, 2000).

Além de consumida fresca e inteira, há também grande demanda do produto minimamente processado, principalmente em pedaços com formato de estrela – obtido com o corte transversal do fruto (Figura 1) –, que podem ser consumidos diretamente, *in natura*, ou usados para compor saladas ou misturas de frutas e hortaliças e como elemento de decoração (OSLUND e DAVENPORT, 1983; WILSON, 1990).



Figura 1. Frutos inteiros e pedaços de carambola em formato de estrela.

(Foto: Gustavo H. A. Teixeira)

A inclusão de uma fruta no mercado de produtos minimamente processados depende diretamente da vida útil do produto, que geralmente é limitada pelo amolecimento e escurecimento da superfície cortada. Além disto, tem-se a

aceleração do metabolismo da fruta, causada pelo estresse físico durante o processamento. A exposição dos tecidos internos às condições ambientais, combinada com as injúrias que aumentam o metabolismo, limita a vida útil do produto geralmente entre cinco e sete dias.

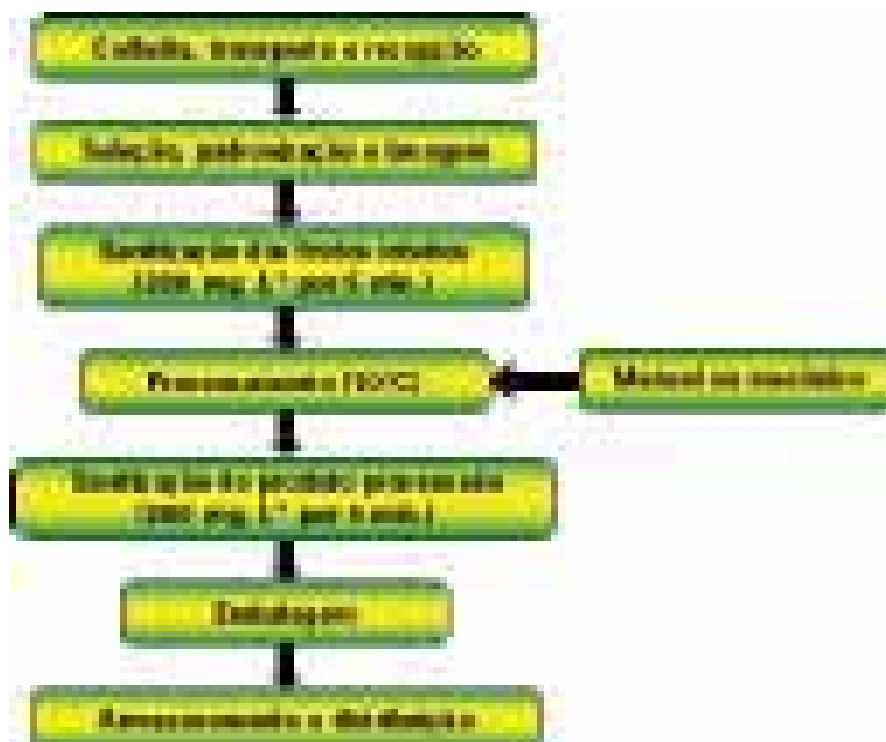
A carambola, no entanto, apresenta naturalmente singular adequação ao processamento mínimo, porque não amolece de forma acentuada quando cortada; e por ser não-climatérica, são baixas as suas taxas respiratórias, o que lhe confere maior vida útil. Entretanto, o escurecimento da superfície cortada é relevante quando se pretende usar o fruto em pedaços refrigerados. O escurecimento decorre do contato dos compostos fenólicos com a polifenoloxidase (PPO) endógena e da facilitada difusão do O₂ atmosférico para o interior do tecido (WELLER *et al.*, 1995, 1997). Daí a necessidade de escolher cultivares cujos frutos apresentem reduzido ou nenhum escurecimento quando cortados (TEIXEIRA *et al.*, 2001).

A reação de escurecimento também pode ser prevenida com o emprego de aditivos e atmosferas com baixa concentração de O₂ e com a proteção dos tecidos com barreiras preservativas (MATTHEWS e MYERS, 1995; GIL *et al.*, 1998).

2. Fluxograma e descrição das etapas do processamento mínimo de carambola

O fluxograma a seguir (Figura 2) mostra as principais etapas do processamento mínimo de carambolas, e na seqüência cada etapa é descrita detalhadamente.

Figura 2.
Fluxograma do
processamento
mínimo de
carambola.



2.1 Colheita, transporte e recepção

Devem-se tomar todos os cuidados, desde a colheita, para evitar injúrias nos frutos e a possibilidade de escurecimento das partes cortadas no processamento. O transporte deve ser feito em caixas adequadas e o mais rápido possível, procurando evitar qualquer dano aos frutos. Na recepção, evitar batidas e choques, assim como longos tempos de espera.

Deve-se atentar também para o estágio de maturação, uma vez que os frutos maduros são pouco resistentes ao processamento e os verdes são muito azedos, escurecem rapidamente e não amadurecem. Recomenda-se colher quando os frutos estiverem verde-maduros ou “de vez”, estágio que se caracteriza pelo pleno desenvolvimento e coloração amarelada (Figura 3).

Outro cuidado que se deve ter é na escolha das cultivares, uma vez que existem entre elas diferenças na suscetibilidade ao escurecimento. As cultivares Fwang Tung, Kary e Hart estão entre as que apresentam menor escurecimento quando processadas (Figura 4).



Figura 3. Frutos de carambola em três estádios de maturação: verde (E), “de vez” (C) e sobremaduro (D). (Foto: Gustavo H. A. Teixeira)



Figura 4. Suscetibilidade ao escurecimento de sete cultivares de carambola. (Foto: Gustavo H. A. Teixeira)

2.2 Seleção, padronização e lavagem

Após a recepção, os frutos devem ser selecionados, descartando-se os danificados e fora do padrão, ou seja, frutos pequenos ou grandes demais e frutos em estágio inadequado de maturação, “verdes” ou muito maduros. Em seguida, devem ser lavados com água corrente e detergente neutro, para retirar impurezas ou outras fontes de contaminação (manchas apodrecidas, machucados etc.) que possam estar aderidas na epiderme dos frutos.

Imediatamente após a lavagem, os frutos devem ser imersos em água clorada, ou seja, contendo hipoclorito de sódio, na concentração de 200 mg.L⁻¹ (100 mL de hipoclorito de sódio a 2%, em 10 L de água), por cinco minutos. Depois, devem ser mantidos em câmara fria, a 10°C, por uma noite.

Esta etapa é muito importante para minimizar o efeito do corte sobre o metabolismo do produto. Em temperaturas mais elevadas ocorre aumento da respiração devido ao corte, o que provoca efeitos mais intensos (Figura 5).

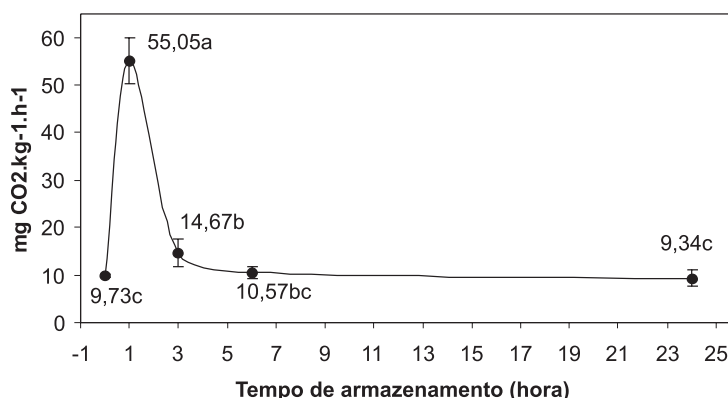


Figura 5. Atividade respiratória de frutos e pedaços de carambola cv. Fwang Tung antes (0 hora) e após o processamento, durante o armazenamento a 6°C por 24 horas.

2.3 Sanitização dos frutos inteiros

A sanitização dos frutos inteiros é feita pela imersão em solução de cloro com 200 mg de cloro.L⁻¹, por cinco minutos. O acompanhamento do pH da solução é de grande importância e deve ser mantido entre 6,5 e 7,5. Deve-se usar fonte de cloro autorizada pela Agência de Vigilância Sanitária (Anvisa) do Ministério da Saúde.

2.4 Processamento

O corte deve ser realizado em ambiente refrigerado, a 10°C, sob condições higiênicas, com todos os balcões, utensílios e contentores de plástico lavados

cuidadosamente e desinfetados com hipoclorito de sódio na concentração de 200 mg.L⁻¹, e com os operadores devidamente protegidos com luvas, gorros, máscaras e aventais. Os frutos podem ser cortados manualmente ou mecanicamente. A produtividade média pode chegar a 76% ou a nove pedaços por fruto.

Podem ser usados cortadores empregados no corte de tomate (Figura 6), com opções de corte de 3/16", 1/4" e 3/8". Para grandes produções, existem cortadores automáticos que podem cortar entre 5 kg e 40 kg de produto por minuto. Mesmo com essa alta produtividade, deve-se atentar para o custo dos mesmos e a agregação de valor aos produtos.

Figura 6. Frutos de carambola cv. Maha sendo cortados com cortador de tomate manual.
(Foto: Gustavo H. A. Teixeira)



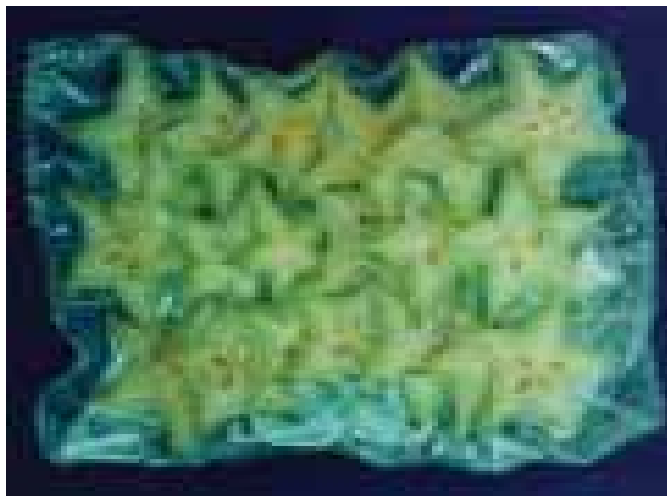
2.5 Sanitização do produto processado

Após o corte, os pedaços devem ser enxaguados com água clorada, na concentração de 200 mg Cl.L⁻¹, a 10°C. Para evitar e/ou reduzir o escurecimento da superfície cortada, vários produtos podem ser usados para a imersão dos pedaços, como o ácido cítrico a 1,5% ou 2,5%, o ácido eritróico a 2% e o ácido ascórbico a 2%, além da combinação entre os ácidos cítrico e ascórbico, que é bastante eficiente. Depois de assim tratados, os produtos devem ser deixados a escorrer por dois a três minutos, para a eliminação do excesso de líquido.

2.6 Embalagem

Existe uma infinidade de embalagens no mercado. As mais comuns são as de polietileno de baixa densidade, de tereftalato de polietileno (PET) e as bandejas de poliestireno cobertas com filme de cloreto de polivinila (PVC). Dentre as testadas para carambola, os sacos poliolefinicos selados a vácuo têm apresentado melhores resultados em relação ao escurecimento e à perda de umidade, além da possibilidade de composição com diferentes tipos de bandejas (Figura 7).

Figura 7. Pedaçõs de carambola cv. Fwang Tung embaladas em sacos de plástico poliolefínicos selados a vácuo.
(Foto: Gustavo H. A. Teixeira)



2.7 Armazenamento e distribuição

Depois de embalados, os produtos de carambola devem ser armazenados e transportados rapidamente, sob refrigeração (3°C a 6°C), com cuidado para evitar a quebra da cadeia de frio, principalmente quando se usa embalagem de plástico selada a vácuo, pois a elevação da temperatura do produto pode promover modificações severas na atmosfera interna da embalagem. Recomenda-se que no comércio varejista sejam usados expositores refrigerados.

3. Referências bibliográficas

ARAÚJO, P. S. R. **Seleção da caramboleira (*Averrhoa carambola* L.) relacionada às características biométricas e físico-químicas dos frutos.** 2000. 59 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de São Paulo. Piracicaba, SP, 2000.

DONADIO, L. C.; SILVA, J. A. A.; ARAÚJO, P. S. R.; PRADO, R. M. **Caramboleira (*Averrhoa carambola* L.).** Sociedade Brasileira de Fruticultura: RBF, 2001. 81 p. (Série Frutas Potenciais).

GIL, M. I.; GORNY, J. R.; KADER, A. A. Responses of 'Fuji' apple slices to ascorbic acid treatments and low-oxygen atmospheres. **HortScience**, Alexandria, v. 32, n. 2, p. 305-309, 1998.

LENNOX, A.; RAGOONATH, J. Carambola and bilimbi. **Fruits**, Paris, v. 45, n. 5, p. 497-501, 1990.

MATTEWS, R. F.; MYERS, P. O Effect of antioxidants on browning of refrigerated carambola slices. **Proceedings of Florida State Horticultural Society**, Winter Haven, n. 108, p. 316-320, 1995.

OSLUND, C. R.; DAVENPORT, T. L. Ethylene and carbon dioxide in ripening fruit of *Averrhoa carambola*. **HortScience**, Alexandria, v. 18, n. 2, p. 229-230, 1983.

TEIXEIRA, G. H. A.; DURIGAN, J. F.; MATTIUZ, B. H.; ALVES, R. E.; SILVA, J. A. A. Suscetibilidade ao escurecimento de sete genótipos de carambola (*Averrho carambola* L). In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 4., 2001, Campinas. **Livro de resumos...** Campinas: UNICAMP, 2001. p. 295.

WELLER, A.; BATES; R. P.; MATTHEWS, R. F.; SIMS, C. A. Evaluatin of carambola cultivars for the lightly processed marked. **Proceedings of Florida State Horticultural Society**, Winter Haven, n. 108, p. 320-324, 1995.

WELLER, A.; SIMS, C. A.; MATTHEWS, R. F.; BATES, R. P.; BRECHT, J. K. Browning susceptibility and changes in composition during storage of carambola slices. **Journal of Food Science**, Mysore, v. 62, n. 2, p. 256-260, 1997.

WILSON, C. W. III. Carambola and bilinbi. In: NAGY, S.; SHAW, P. E.; WARDOWSKY, F. S. **Fruits of tropical and subtropical origin: composition, properties and uses**. Lake Alfred, Florida: Florida Science Source, Inc, 1990. p. 277-301.

Capítulo 10

Processamento mínimo de goiaba

Ben-Hur Mattiuz

José F. Durigan

1. Introdução

A goiabeira (*Psidium guajava* L.) é uma espécie da família Myrtaceae, originária das regiões tropicais americanas, onde pode ser encontrada desde o México até o sul do Brasil (PEREIRA, 1995). Dentre as frutas tropicais, a goiaba é uma das mais apreciadas, pelas suas características de sabor e aroma e pelo seu elevado valor nutritivo (CHITARRA e CHITARRA, 1990).

O Brasil está entre os três maiores produtores mundiais de goiabas. Com produção anual de 210 mil toneladas, tem o Estado de São Paulo como o maior produtor (AGRIANUAL, 2003). A produção destina-se ao consumo ao natural e à industrialização. Apesar da maior parte destinar-se à industrialização, no período 2000–2001 houve um crescimento de 18% na comercialização de goiabas vermelhas como fruta fresca, conforme registro na CEAGESP (AGRIANUAL, 2003).

As cultivares de polpa vermelha predominam no cultivo comercial; são as mais valorizadas no mercado interno de frutas frescas e são encontradas em todos os mercados. A mais difundida atualmente, para a produção de fruta fresca, no Estado de São Paulo, denomina-se Pedro Sato. Possui frutos grandes (trezentos a quatrocentos gramas) e película rugosa. O formato é oblongo, a casca é rugosa, a polpa é rosada, espessa e firme, possuindo a cavidade cheia e com poucas sementes. Em testes visando à produção de goiabas minimamente processadas, a cultivar Pedro Sato apresentou produtividade média de 53% de polpa (metades). (KAVATI, 1997).

A goiaba pronta para o consumo pode integrar a cadeia de distribuição de frutas e ser comercializada em supermercados e em estruturas afins. Pode atender também às cadeias de “fast-food”, lanchonetes e restaurantes, nos quais o espaço para a preparação das suas especialidades é cada vez menor e a procura por produtos naturais, saudáveis e com características nutricionais superiores é cada vez maior.

2. Fluxograma e descrição das etapas do processamento mínimo de goiaba

O fluxograma a seguir (Figura 1) mostra as principais etapas do processamento mínimo de goiabas. Logo depois cada etapa é descrita detalhadamente, para melhor entendimento do processo.

2.1 Colheita e ponto de colheita

A colheita deve ser realizada nas primeiras horas da manhã, quando a temperatura dos frutos é baixa e, conseqüentemente, o seu metabolismo é menor, o que reduz a perda de água por transpiração e o tempo para o resfriamento.

Os frutos devem ser colhidos no ponto ideal de colheita, observando-se alguns cuidados com relação à higiene. Recomenda-se o emprego de caixas de

plástico, que são mais fáceis de limpar e higienizar. As caixas poderão ser revestidas com plástico de bolhas de ar, o que minimizaria a ocorrência de injúrias mecânicas. Não devem ser colocadas em contato direto com o solo, a fim de minimizar a contaminação dos frutos. Os colhedores devem estar com as unhas aparadas ou usando luvas, para evitar possíveis lesões à superfície dos frutos. Após a colheita, as goiabas deverão ser transportadas imediatamente para o pátio de recepção da indústria. Quando isso não for possível, as caixas com as frutas deverão permanecer à sombra, até que se proceda ao transporte.

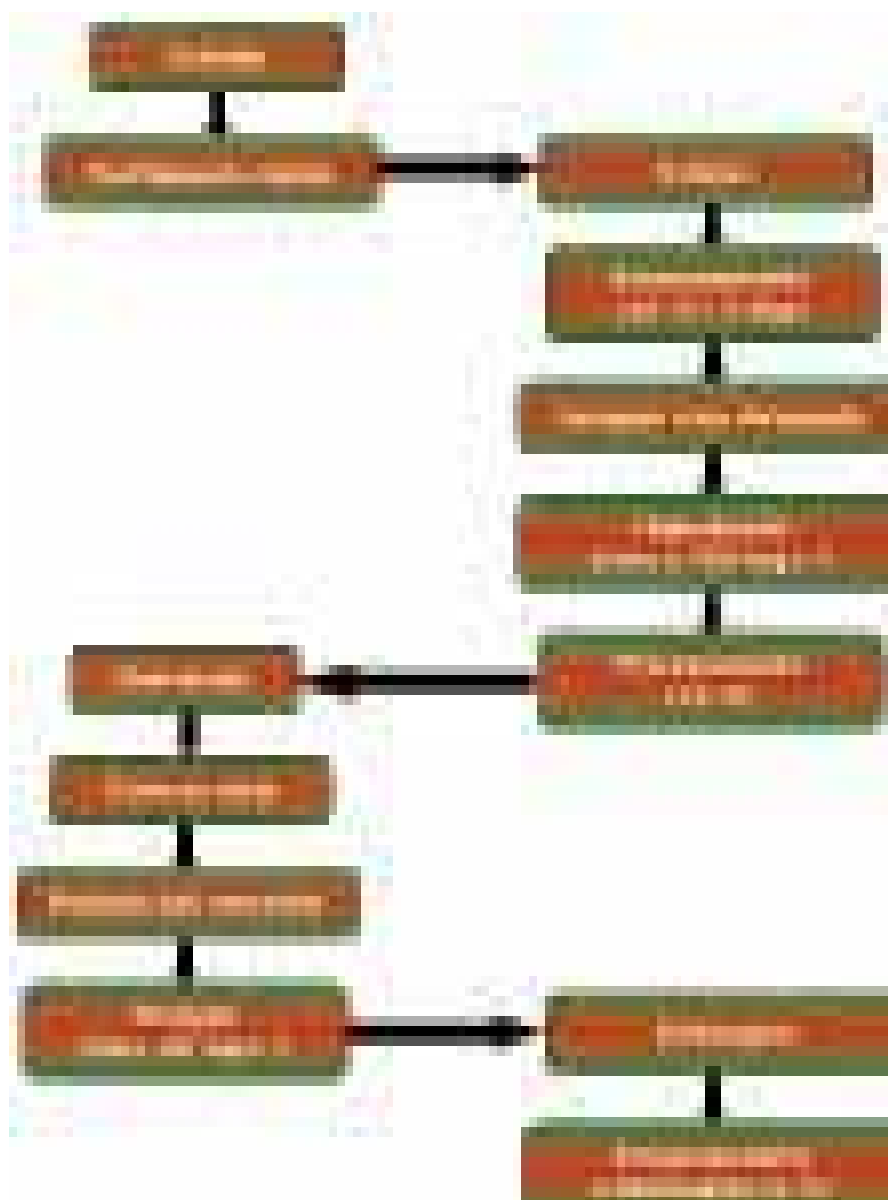


Figura 1.
Fluxograma do processamento mínimo de goiaba.

Um dos critérios mais importantes do processamento mínimo de goiabas diz respeito à determinação do estágio de maturação dos frutos no momento da colheita. De acordo com PEREIRA (1995), o melhor momento para a colheita,

visando a comercialização, é o estágio “de vez”, ou seja, quando as goiabas atingem a coloração verde-mate. Entretanto, esse ponto de colheita apresenta desvantagens para o processamento mínimo, como a elevada firmeza dos frutos, que dificulta a retirada da casca.

Foram realizados testes com goiabas ‘Pedro Sato’ para determinar o estágio de maturação ideal para o processamento. As goiabas foram colhidas em diferentes estádios de maturação: frutos verdes (goiabas com casca de coloração verde-brilhante); frutos “de vez” (goiabas com casca de coloração verde-mate); e frutos maduros (goiabas com casca amarelada) (Figura 2)



Figura 2. Goiabas ‘Pedro Sato’ em diferentes estádios de maturação. (Foto: Ben-Hur Mattiuz)

Verificou-se que os frutos no estágio maduro apresentaram cor de polpa característica e ideal para o processamento. Os frutos verdes apresentaram cor externa mais clara, e os “de vez”, cor intermediária (Figura 3). O aprofundamento na retirada das cascas indicou que as camadas mais internas, nos frutos colhidos nos três estádios, apresentavam cor semelhante, que se ia exteriorizando com o amadurecimento.

As avaliações referentes à coloração foram suficientes para indicar que os frutos verdes não devem ser utilizados. Outros dois fatores devem ser considerados: a textura da polpa com firmeza elevada, que dificulta o descascamento, e o escurecimento enzimático intenso pela exposição dos tecidos ao ar.

Apesar da coloração favorável, os frutos no estágio maduro apresentaram a desvantagem de textura muito branda, cedendo facilmente à pressão do descascamento, fornecendo um produto mole e com tendência de perda da integridade, além da baixa resistência ao armazenamento.

Essas observações levaram à eleição do estágio de maturação “de vez” como o mais adequado para goiabas destinadas ao processamento mínimo. Os dois problemas relativos à rigidez da textura, que dificultaram o descascamento, e a coloração não adequada do pericarpo, que exigiu descascamento profundo,

com retirada significativa do tecido superficial, foram resolvidos armazenando os frutos à temperatura ambiente ($22\pm 1^{\circ}\text{C}$) por dois dias. Essa prática permitiu que a coloração da polpa evoluísse para próxima da ideal, com textura menos firme, devido à perda de turgidez superficial, facilitando o descascamento.

Figura 3. Ângulo de cor (H°) da parte interna do pericarpo e das superfícies expostas pela retirada sucessiva das camadas (1 mm), a partir da película, de goiabas 'Pedro Sato', em três estádios de maturação.

2.2 Resfriamento rápido

O resfriamento tem por finalidade remover o calor de campo dos frutos e reduzir a temperatura dos mesmos para 21°C a 22°C , diminuindo assim a sua atividade metabólica. Essa prática é realizada imergindo os frutos em tanques com água fria (Figura 4). O tempo de imersão depende da temperatura dos frutos e da água do tanque, podendo ser bastante reduzido com a colheita das goiabas nas primeiras horas da manhã.



Figura 4 Tanque com água fria para resfriamento rápido de goiabas. (Foto: Ben-Hur Mattiuz)

2.3 Seleção

Após o resfriamento, os frutos passam por uma esteira de rolos, onde é feita seleção criteriosa dos que serão processados, de acordo com padrão preestabelecido de tamanho e de coloração (Figura 5). Essa prática deve ser realizada por pessoas devidamente treinadas, que eliminarão todos os frutos malformados, defeituosos, estragados e com possíveis impurezas.



Figura 5. Seleção de goiabas para processamento mínimo.
(Foto: Ben-Hur Mattiuz)

2.4 Armazenamento

As goiabas devem ser armazenadas a 22°C, por dois dias. Nesse período e nessas condições, os frutos adquirem a coloração e a textura ideais para o processamento.

2.5 Lavagem

Encerrado o período de armazenamento, os frutos devem ser lavados com água contendo detergente tensoativo e biodegradável. A lavagem deve ser feita com o auxílio de esponja macia, natural ou sintética, para maior eficiência na remoção dos microorganismos e impurezas. Em seguida, procede-se ao enxágüe dos frutos com água corrente, para a eliminação de possíveis resíduos remanescentes no produto.

2.6 Higienização ou sanitização

Esta operação é feita com produtos à base de cloro recomendados pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa). A lavagem com água clorada promove boa desinfecção superficial, reduzindo a população microbiana das frutas inteiras ou minimamente processadas (BEAUCHAT *et al.*, 1998). Muitas vezes as soluções contendo hipoclorito de sódio (NaOCl) não conseguem contato efetivo com a superfície dos frutos, por causa da natureza hidrofóbica da cutícula dos mesmos, que atua como um filme inibidor ao efeito do cloro, fazendo-se necessário a adição de um tensoativo. Tratamentos com água quente (PITTIA *et al.*, 1999;

CANTWELL, 2000), com soluções de peróxido de hidrogênio (SAPERS e SIMMONS, 1998) ou com ozônio (BEUCHAT, 1991) vêm sendo testados como alternativas ao uso do cloro.

Para a sanitização, imergem-se os frutos em água resfriada contendo 150 mg de cloro.L⁻¹, por cinco minutos. O monitoramento do pH da solução é de grande importância para a boa atividade germicida do cloro. Este possui maior efeito sanitizante quando o pH da solução está entre 6,0 e 7,5. Imediatamente após, os frutos devem ser levados para local reservado, onde deverão permanecer por uma noite, a 12°C.

2.7 Processamento

O processamento deve ser realizado por pessoas treinadas, usando proteção adequada: luvas, avental descartável, avental emborrachado, touca e máscara descartáveis, além de botas de borracha (Figura 6). Deve-se dar preferência a local com temperatura refrigerada, em torno de 12°C.



Figura 6. Operadores usando corretamente equipamentos de proteção individual (EPI).
(Foto: José F. Durigan)

É imperativo que toda a área destinada ao processamento esteja previamente desinfetada com soluções de hipoclorito de sódio ou de amônia quaternária, assim como os equipamentos e os utensílios usados nas operações.

O processamento das goiabas compreende algumas etapas. A primeira é o descascamento, que poderá ser manual ou mecânico. No processo manual, podem-

se usar descascadores de legumes, devidamente afiados e desinfetados, mas esse processo é de baixa produtividade, considerado trabalhoso e inviável em escalas maiores.

Para o processamento mecânico, podem-se empregar descascadores de laranja adaptados para o descascamento de goiabas (Figura 7). Esse equipamento proporciona maior produtividade operacional e reduz injúrias de compressão do fruto contra a palma da mão do operário, que ocorre no processo manual. Além disso, o aspecto visual do produto final é melhorado, pois a retirada da casca é mais uniforme (Figura 8).

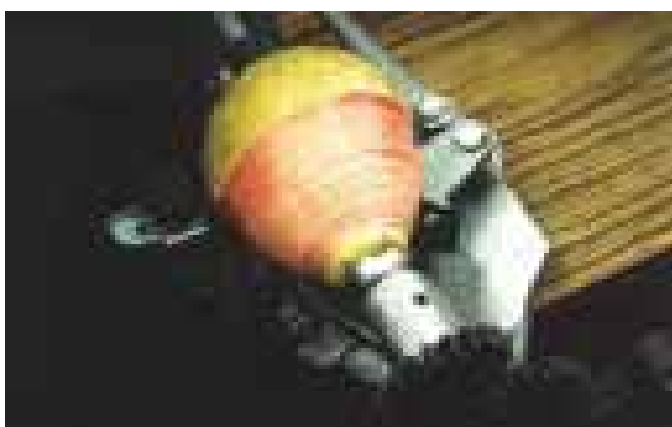


Figura 7. Descascador de laranjas adaptado para goiabas.
(Foto: Ben-Hur Mattiuz)

Figura 8. Goiabas descascadas manualmente (E) e mecanicamente (D).
(Foto: Ben-Hur Mattiuz)



Na etapa seguinte, os frutos são cortados ao meio, longitudinalmente, e as extremidades retiradas com faca muito afiada. As sementes são removidas com o emprego de uma colher com bordas afiadas, deixando-se somente o pericarpo externo. Logo após, as metades são enxaguadas com água clorada (20 ppm) e o excesso de água é escorrido, em peneiras de plástico, por dois minutos.

Após esse tempo, procede-se ao acondicionamento das metades. O mercado dispõe de uma gama muito grande de embalagens que poderão ser usadas para esse fim. Mattiuz (2002) usou, com bons resultados, para produtos minimamente processados de goiabas, contentores de tereftalato de polietileno (PET)

transparente, com tampa e capacidade para 750 mL (Neoform® N-94) (Figura 9). Esse tipo de embalagem mostrou-se adequado, porque permite o empilhamento, possui grande praticidade no manuseio, não produz injúrias nos produtos e permite visão total do produto processado.



Figura 9. Goiabas 'Pedro Sato' minimamente processadas e acondicionadas em embalagem PET. (Foto: Ben-Hur Mattiuz)

2.8 Armazenamento e distribuição

A etapa final do processamento mínimo de goiabas é o armazenamento. O uso de refrigeração é obrigatório porque, além de reduzir o crescimento microbiano, diminui o metabolismo do vegetal e as reações oxidativas decorrentes do processo, aumentando a vida útil do produto. A distribuição do produto é feita em caminhões com câmara fria ou sistema isotérmico, para que a cadeia do frio não seja quebrada. De maneira similar, o produto deve ser comercializado em balcões refrigerados, em temperatura próxima a 3 °C.

Mattiuz (2002) armazenou goiabas minimamente processadas e acondicionadas em embalagem PET a 3°C e obteve vida útil de nove dias. A perda acumulada de matéria fresca foi de 3,06%. A manutenção da matéria fresca, conseguida pela umidade relativa de equilíbrio (URE) estabelecida no interior da embalagem, deveu-se à temperatura e à embalagem PET empregadas no processo.

O mesmo autor verificou também que a embalagem PET proporcionou boa atmosfera para o produto, mantendo os níveis de O₂ a 15,66% e os de CO₂ a 2,58% (Figura 10). Isto indica que houve modificação² ativa nos conteúdos² da atmosfera ambiente, proporcionada pela permeabilidade da embalagem, ao longo do armazenamento.

A coloração também foi pouco alterada, conforme pôde ser observado pelos valores obtidos para o ângulo de cor (Hue) e para cromaticidade (Figura 11), e foi preservada a aparência fresca nos frutos processados. Este é um atributo importante, pois, segundo Kader (1992), 94% da decisão de compra de um produto pelo consumidor é influenciada pela aparência ou condição do produto.

Figura 10. *Evolução dos conteúdos de O_2 e CO_2 no interior de embalagens PET, contendo produto minimamente processado de goiabas 'Pedro Sato' armazenado a 3°C.*

Figura 11. *Evolução do ângulo de cor (Hue) e da cromaticidade da superfície externa de produto minimamente processado de goiabas 'Pedro Sato', armazenado em embalagens de PET a 3°C.*

A análise sensorial indicou que a textura teve pequena perda na firmeza ao longo do armazenamento (Figura 12). Esta perda ocorre quando tecidos vegetais são lesionados, ocasionando aumento da intensidade da produção do etileno (ABELES *et al.*, 1992), que acelera a deterioração e a senescência dos tecidos e promove modificações na textura (WATADA *et al.*, 1990). Com relação à avaliação do sabor e da textura, o produto apresentou tendência de melhora nos seus valores, ao longo do período de armazenamento (Figura 12).

Figura 12. *Evolução da textura e do sabor em produto minimamente processado de goiabas 'Pedro Sato' armazenado em embalagens de PET a 3°C.*

Análises microbiológicas periódicas nas metades indicaram baixa contagem microbiana total ($< 10^3$ UFC.g⁻¹) e ausência de coliformes. O efeito conjugado da acidez do produto, do efeito da refrigeração a 3°C, do nível elevado de CO₂ no interior da embalagem e dos cuidados sanitários dispensados durante o preparo foram os responsáveis pela manutenção da sanidade do produto.

3. Considerações finais

O consumo em ascensão de goiaba vermelha faz com que o processamento mínimo desta fruta seja muito interessante para o produtor, dada a possibilidade de agregação de valor, que pode chegar a 1.000%.

O emprego de embalagens do tipo PET, conjugado com o armazenamento a 3°C e cuidados na desinfecção, é eficiente na conservação e manutenção de produtos minimamente processados de goiabas (MATTIUZ, 2002). Entretanto, precisam ser desenvolvidas outras técnicas que possibilitem o uso de novos sistemas de desinfecção e o emprego de filmes poliméricos ou "ativos" capazes de controlar a composição atmosférica e evitar a condensação de água no interior da embalagem.

Há, ainda, a possibilidade de produção de goiabas minimamente processadas com a casca, conferindo um efeito visual diferenciado ao produto. Entretanto, as etapas de colheita, seleção e classificação necessitam de cuidados redobrados para não permitir quaisquer danos à casca, sob o risco de incorrer na rejeição do produto pelo consumidor.

A aplicação de cálcio tem recebido atenção, principalmente por reduzir a taxa respiratória, atrasar o amadurecimento, estender a vida útil pós-colheita, aumentar a firmeza e preservar o teor de vitamina C. Aplicações exógenas de cloreto de cálcio a 1% em produtos minimamente processados de goiaba são recomendadas, com o intuito de diminuir a perda de firmeza das metades e aumentar a vida útil do produto.

4. Referências bibliográficas

ABELES, F. B.; MORGAN, P. W.; SALTVEIT., M. E. **Ethylene in plant biology**. 2nd ed. San Diego: Academic Press, 1992.

AGRIANUAL. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2003. 553 p.

BEAUCHAT, L. R. Surface disinfection of raw produce. In: MINIMALLY PROCESSED FRUITS AND VEGETABLES SYMPOSIUM. **Proceedings...** New York, 1991. 167 p.

BEAUCHAT, L. R.; NAIL, B. V.; ADLER, B. B.; CLAVERO, M. R. S. Efficacy of spray application of chlorinated water in killing pathogenic bacteria on raw apples, tomatoes and lettuce. **Journal of Food Protection**, Iowa, n. 61, p. 1305-1311, 1998.

CANTWELL, M. Food safety concerns during postharvest handling of produce in California: focus on improved disinfections practices for cooling and process waters. In: CONGRESO IBEROAMERICANO DE TECNOLOGÍA POSTCOSECHA Y AGROEXPORTACIONES, 2., 2000. Santa Fé de Bogotá. **Memórias...** Santa Fé de Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. 2000. v. 1, p. 17-25.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 320 p.

KADER, A. A. (Ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. 2nd ed. Davis: University of California, 1992. 296 p.

KAVATI, R. Cultivares. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A CULTURA DA GOIABEIRA, 1., 1997, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal, SP: FCAV/UNESP-FUNEP-GOIABRÁS, 1997, p. 1-16.

MATTIUZ, B. H. **Injúrias mecânicas e processamento mínimo de goiabas: fisiologia e qualidade pós-colheita**. 2002. 120 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, 2002.

PEREIRA, F. M. **Cultura da goiabeira**. Jaboticabal, SP: FUNEP, 1995. 47 p.

PITTIA, P.; NICOLI, C.; COMI, G.; MASSINI, R. Shelf-life extension of fresh-like ready-to-use pear cube. **Journal of the Science of Food & Agriculture**, Sussex, v. 79, n. 7, p. 955-960. 1999.



SAPERS, G. M.; SIMMONS, G. F. Hydrogen peroxide disinfection of minimally processed fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v. 15, n. 2, p. 48-52, 1998.

WATADA, A.; ABE, K.; YAMAUCHI, N. Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v. 20, p. 116-122, 1990.

Capítulo 11

Processamento mínimo de kiwi

Eduardo V. B. V. Boas

1. Introdução

O kiwi é um fruto climatérico da família *Actinidiaceae*, sendo *Actinia deliciosa* a principal espécie cultivada. A variedade Hayward ocupa proporcionalmente as maiores áreas de kiwis cultivadas no mundo, em função de sua boa adaptação a regiões de clima subtropical e temperado e às suas características sensoriais. Os frutos apresentam formato ovalado, casca pilosa de coloração amarronzada e polpa verde, repleta de pequenas sementes pretas que envolvem a columela, região central de coloração branca.

A qualidade do kiwi depende de sua composição química, que pode variar em função do estágio de maturidade, das condições de armazenamento e das condições edafoclimáticas de cultivo. Do ponto de vista nutricional, os kiwis destacam-se como fontes de fibras, minerais e vitaminas, principalmente ácido ascórbico.

Kiwis aptos para o consumo apresentam adequado balanço entre açúcares e ácidos. De acordo com Given (1993), os açúcares predominantes na polpa do fruto são: glucose, frutose e sacarose, enquanto os ácidos cítrico, quínico e málico são os principais ácidos orgânicos (LUH e WANG, 1984). Após a colheita, observa-se aumento no teor de açúcares, como reflexo principalmente da hidrólise de amido, e declínio na acidez total titulável.

O amaciamento é uma das mais marcantes modificações observadas durante o armazenamento de kiwis. É um processo altamente sensível à presença de etileno. De acordo com Cheah e Irving (1997), tal processo está associado à solubilização de substâncias pécticas, à perda de galactose a partir de cadeias laterais das moléculas pécticas e ao intumescimento das paredes celulares, devido provavelmente a mudanças nas interações entre moléculas de celulose e hemicelulose que poderiam permitir o acesso de enzimas aos polissacarídeos pécticos nas paredes celulares.

2. Colheita e manuseio pós-colheita

A colheita de kiwi deve ser feita manualmente, movimentando-se o fruto sobre o pedúnculo. Kiwis devem ser colhidos com um mínimo de 6,5% de sólidos solúveis totais e firmeza de polpa mínima de 14 lbf (força de penetração de um penetrômetro dotado de uma sonda de 8 mm). Devem apresentar-se isentos de rachaduras, injúrias por insetos, cicatrizes, abrasões, escaldadura pelo sol, colapso interno e podridões. Frutos com 14% de sólidos solúveis e firmeza da polpa de 2 lbf a 3 lbf são considerados maduros, prontos para serem consumidos (CRISOSTO *et al.*, 2000), embora frutos mais firmes e menos doces também sejam bem aceitos.

O kiwi é um dos frutos mais sensíveis, se não o mais sensível, ao etileno. Concentrações de 10 ppb de etileno, no ambiente de armazenamento, são suficientes para provocar o amaciamento rápido de kiwis, mesmo a baixas

temperaturas. Logo, kiwis devem ser armazenados em ambientes livres de etileno. Kiwis verde-maduros produzem menos que $0,1 \mu\text{L.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ de etileno a 0°C e de $0,1 \mu\text{L.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ a $0,5 \mu\text{L.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ a 20°C . Já kiwis maduros produzem de $50 \mu\text{L.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ a $100 \mu\text{L.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ de etileno a 20°C (CRISOSTO *et al.*, 2000).

O mais alto ponto de congelamento da polpa é $-1,5^{\circ}\text{C}$, sendo a temperatura de 0°C e umidade relativa de 90% a 95% condições ótimas para o seu armazenamento. As taxas respiratórias de kiwis em função da temperatura são apresentadas na tabela 1.

Tabela 1. Taxas respiratórias de kiwis em função da temperatura (CRISOSTO *et al.*, 2000).

Temperatura	0°C	5°C	10°C	15°C	20°C
$\text{mL CO}_2.\text{kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$	1,5-2,0	3-4	5-7	9-12	15-20

De acordo com Crisosto *et al.* (2000), atmosferas de 1% de O_2 a 2% de O_2 + 3% de O_2 a 5% de CO_2 retardam o amadurecimento e previnem o amaciamento dos frutos. E níveis de CO_2 acima de 7% podem causar colapso interno da polpa. A atmosfera ideal deve ser estabelecida dentro de dois dias a partir da colheita, para maximizar seus benéficos efeitos.

3. Efeitos do processamento mínimo sobre a fisiologia de kiwis

O grande desafio do fisiologista pós-colheita é estender a vida de prateleira dos vegetais, buscando preservar os seus atributos de qualidade. Mesmo após a colheita, as frutas mantêm seu estado vivo, metabolizando. Com a respiração aeróbica (glucose + oxigênio → energia + dióxido de carbono + água), que consiste na oxidação de substratos, principalmente açúcares, as frutas conservam seu estado energizado. Quanto maior a taxa respiratória das frutas, maior sua perecibilidade.

O processamento mínimo de frutas exacerba o seu metabolismo, por se tratar de um estresse mecânico ao qual elas são submetidas. O processamento mínimo consiste basicamente no descascamento, que é a eliminação da interface do produto com o meio ambiente. Dessa forma, as células parenquimatosas do produto, ricas em água e açúcares, ficam expostas ao meio, aumentando a sua suscetibilidade a microorganismos.

Uma das primeiras respostas das frutas quanto ao estresse é o aumento da produção de etileno, acompanhado do aumento da atividade respiratória e modificações (normalmente indesejáveis) na aparência, no sabor, no aroma e na textura. Agar *et al.* (1999), estudando o efeito do processamento mínimo em kiwis, observaram que tanto o descascamento como o fatiamento promoveram aumento acentuado na produção de etileno e na taxa respiratória, nas primeiras horas após o processamento.

A taxa de produção de etileno tende a aumentar durante o armazenamento de kiwis descascados e fatiados, enquanto a taxa respiratória tende a se estabilizar após o incremento inicial provocado pelas ações físicas do processamento (VILAS-BOAS e KADER, 2001). Ademais, kiwis descascados e/ou fatiados apresentam maior perda de massa ao longo do armazenamento, quando comparados a frutos intactos (AGAR *et al.*, 1999).

Tanto o descascamento quanto o fatiamento promovem a descompartmentalização celular, que conduz a reações indesejáveis como o escurecimento. O escurecimento de kiwis minimamente processados ocorre de forma menos pronunciada do que a observada em bananas, maçãs e pêras. Nesses produtos, a descompartmentalização provocada pelo corte promove o contato de enzimas como as polifenoloxidasas e substratos fenólicos, presentes em abundância. Os fenóis são oxidados e dão origem a quinonas, que se polimerizam formando os compostos de coloração escura denominados melaninas.

Em tecidos de kiwis, o escurecimento não é marcado, aparentemente, pela síntese de pigmentos escuros como as melaninas, mas por uma intensificação da coloração verde, passível de ser visualizada a olhos nus, e caracterizada objetivamente com a utilização de colorímetros. O baixo teor de fenóis e a baixa atividade de polifenoloxidasas, bem como o alto teor de ácido ascórbico, um potente agente antioxidante, na polpa de kiwis contribuem para que o escurecimento seja menos pronunciado do que em outros frutos. Aumento na atividade, relativamente baixa, da polifenoloxidase foi observado por Carvalho (2000) durante armazenamento de kiwis minimamente processados.

O amaciamento envolve uma ação coordenada de enzimas da parede celular, sendo a pectinametilesterase (PME), poligalacturonase (PG), β -galactosidase e xiloglucanases as mais envolvidas. Tais enzimas atuam na despolimerização e solubilização de substâncias pécticas e hemicelulósicas, culminando com o amaciamento das frutas. O amaciamento é mais rápido em frutas minimamente processadas do que em frutas intactas.

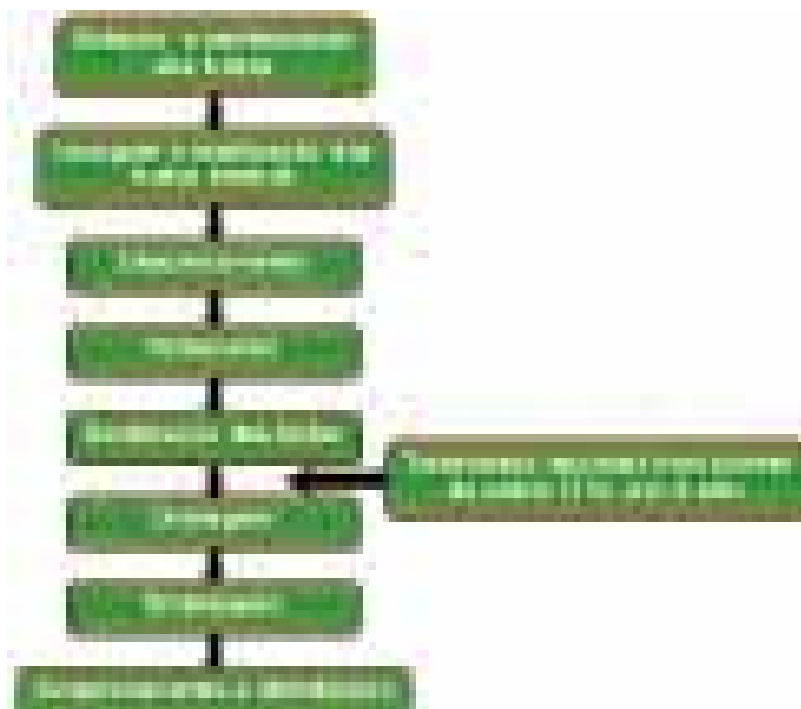
Carvalho (2000) não observou atividade das enzimas PME e PG em kiwis minimamente processados. Entretanto, Soda *et al.* (1986) sugerem que a presença de actinidina, uma protease, possa inativar a PG durante a extração. Já a atividade da PME é observada no início do amadurecimento de kiwis, caindo a níveis muito baixos logo em seguida (WEGRZYN e MacRAE, 1995).

O sabor de kiwis está intimamente associado às concentrações de ácidos orgânicos e açúcares em sua polpa. De acordo com Carvalho (2000), kiwis minimamente processados armazenados a 1°C tiveram redução no teor de sólidos solúveis totais e açúcares solúveis, enquanto a acidez total titulável e o pH das fatias mostraram-se estáveis, durante dez dias de armazenamento. Portanto, o processamento mínimo de frutas aumenta ainda mais sua normal perecibilidade, acentuando o nível de dificuldade do desafio do fisiologista pós-colheita.

4. Fluxograma e descrição das etapas do processamento mínimo de kiwi

O fluxograma a seguir (Figura 1) mostra as principais etapas do processamento mínimo de kiwis. Cada etapa é descrita detalhadamente em seguida.

Figura 1. Fluxograma do processamento mínimo de kiwi.



4.1. Seleção e resfriamento

Os frutos de kiwi a serem processados devem estar em condições de consumo. Frutos demasiadamente maduros não devem ser processados, considerando-se o curto período de conservação após o processamento. Além disso, frutos muito maduros são muito macios e sensíveis à ação física do processamento. Como o amaciamento é o fator limitante primário da conservação de kiwis minimamente processados, kiwis devem ser idealmente processados quando apresentarem firmeza entre 3,5 lbf a 5,0 lbf (força de penetração com sonda de 8 mm de diâmetro). Kiwis com firmeza inferior terão vida-de-prateleira mais curta, embora com características sensoriais mais agradáveis ao consumidor.

Os kiwis devem ser resfriados antes do processamento, até que seja atingida a temperatura de polpa de 0°C a 10°C. Quanto maior a temperatura da polpa do fruto no momento do processamento, menor sua vida pós-corte.

Todo o processamento deve ser realizado sob refrigeração, à temperatura de 0°C a 10°C. Os equipamentos e utensílios de processamento devem ser mantidos constantemente limpos e sanitizados, e os manipuladores devem estar munidos de luvas, máscaras e gorros e vestir roupas longas brancas que os protejam do frio.

4.2 Lavagem e sanitização dos frutos inteiros

Os frutos devem ser lavados com detergente, para a retirada de impurezas aderidas superficialmente. Em seguida, devem ser sanitizados, por quinze minutos, em solução de hipoclorito de sódio, com concentração variando entre 100 ppm e 500 ppm de cloro livre.

4.3 Descascamento

Os frutos devem ser descascados manualmente, cuidadosamente, com o auxílio de facas bem afiadas. O descascamento deve ser realizado por pessoas treinadas, para minimizar, o quanto possível, o estresse do produto. Visto que os pêlos da casca tendem a aderir às facas e luvas, recipientes com água clorada devem ser mantidos a disposição para limpeza, evitando-se assim a contaminação dos frutos descascados.

4.4 Fatiamento

Uma vez descascados, os frutos devem ser fatiados imediatamente, perpendicularmente ao eixo relativo ao seu comprimento. Normalmente as fatias apresentam espessura de 5 mm a 10 mm. O fatiamento pode ser realizado com facas afiadas ou com fatiadores mecânicos, depois de regulada a abertura da lâmina para que seja obtida a espessura desejada. As fatias devem ser acondicionadas em grandes bandejas antes de serem conduzidas à próxima etapa.

4.5 Sanitização

As fatias devem ser imersas em solução de hipoclorito de sódio (10 ppm a 100 ppm) por um a dois minutos. No caso de imersões em soluções de 50 ppm a 100 ppm, recomenda-se posterior enxágüe, enquanto a imersão em soluções com concentrações menores que 50 ppm não exigem tal procedimento. Caso haja algum tratamento por imersão adicional, o enxágüe torna-se dispensável. Recomenda-se a troca freqüente das soluções de imersão. A não substituição da água clorada pode tornar-se um fator de contaminação dos kiwis minimamente processados. Um possível enxágüe antes da sanitização reduz a freqüência de trocas de água clorada, embora aumente a manipulação do produto.

Após a sanitização as fatias podem, opcionalmente, ser tratadas quimicamente por imersão em cloreto de cálcio (1%), por dois minutos, visando ao aumento da firmeza.

4.6 Drenagem

Uma vez sanitizadas, as fatias devem passar por processo de drenagem. O armazenamento do produto com excesso de líquido pode ser a causa de curta vida pós-corte. Utilizam-se, para tal, peneiras inoxidáveis ou de plástico, ou mesmo tecidos de alta porosidade (malhas de algodão, gaze) por sobre os quais

acondicionam-se as fatias. A centrifugação não é recomendada para kiwis, em face da fragilidade das fatias. Além disso, o estresse provocado por uma possível centrifugação levaria as fatias a produzir etileno, um grande vilão durante o armazenamento de kiwis *in natura* e minimamente processados. Uma vez presente, o etileno promove o amaciamento rápido dos frutos, aumentando sua suscetibilidade a deteriorações, comprometendo sua manipulação e reduzindo, conseqüentemente, sua vida útil.

4.7 Embalagem

Os kiwis minimamente processados devem, obrigatoriamente, ser acondicionados em embalagens rígidas (PET ou outra), porque o seu acondicionamento em embalagens flexíveis aumentaria o risco de injúrias mecânicas e deteriorações. Já o fechamento da embalagem pode ser realizado com filmes rígidos ou flexíveis. A injeção de gases na embalagem permite a criação de atmosfera própria, que pode aumentar a vida de prateleira do produto. Embalagens com capacidade para 150 gramas a 200 gramas de peso líquido são adequadas.

4.8 Armazenamento e distribuição

As fatias embaladas devem ser armazenadas em câmara fria, idealmente sob temperaturas de 0° a 5°C e 90% a 95% de umidade relativa. Quanto mais baixa a temperatura, maior a vida de prateleira.

Os produtos minimamente processados devem ser distribuídos e comercializados sob baixas temperaturas. Caso possível, devem ser mantidos sob temperatura de 0°C a 5°C. A exposição de menor número de unidades de comercialização, aliada à maior freqüência de reposição da mercadoria, é preferível, em função da maior manipulação e oscilações de temperatura nas bancas de comercialização, o que pode comprometer a vida de prateleira do produto.

5. Manutenção da qualidade e extensão da vida de prateleira de kiwis minimamente processados

Diversas técnicas podem ser adotadas para a manutenção da qualidade e extensão de vida de prateleira de kiwis minimamente processados. A seguir são abordados os principais pontos que permitem atingir esses objetivos.

5.1 Cadeia de frio

A manutenção da qualidade e extensão da vida pós-corte de frutas minimamente processadas depende de rígido respeito à cadeia de frio. Tanto o processamento quanto o armazenamento das frutas deve ser realizado sob baixas temperaturas. Recomendam-se temperaturas entre 0°C e 5°C. Quanto maior a temperatura, seja durante o processamento, seja durante o armazenamento,

transporte ou comercialização, maior a taxa respiratória e, conseqüentemente, menor a vida útil de frutas minimamente processadas.

O abaixamento da temperatura reduz a atividade metabólica de tecidos vegetais vivos, conspirando para a preservação de suas características originais. Frutos intactos de origem tropical e subtropical são sensíveis ao “chilling”, injúria fisiológica que se desenvolve quando os frutos são submetidos a baixas temperaturas, normalmente abaixo de 12°C. Frutas minimamente processadas em geral suportam o armazenamento em temperaturas abaixo daquelas consideradas críticas para frutas intactas.

A taxa de amaciamento de kiwis minimamente processados, armazenados a 0°C, 5°C, 10°C e 20°C, reduz substancialmente à medida que as fatias são expostas a menores temperaturas. A aparência, com base na luminosidade medida por meio de colorímetro, bem como os níveis de ácido ascórbico, também são preservados mais acentuadamente nas fatias sob as mais baixas temperaturas. Logo, quanto maior a temperatura, maior o amaciamento, a taxa de escurecimento e a perda de vitamina C de kiwis minimamente processados (AGAR *et al.*, 1999).

5.2 Manejo da atmosfera

Considerando-se que a respiração, um dos mais importantes, se não o mais importante processo metabólico das frutas, envolve absorção de oxigênio e liberação de dióxido de carbono, então a manipulação dos gases que envolvem o produto durante seu armazenamento pode influenciá-lo benéficamente.

O abaixamento da pressão de oxigênio, a elevação da pressão de dióxido de carbono, bem como a eliminação de qualquer vestígio de etileno ao redor de frutas minimamente processadas contribuem para a extensão de sua vida pós-corte. Entretanto, cuidados especiais devem ser tomados, visto que níveis muito baixos de oxigênio (menores que 1%) podem desencadear respiração anaeróbica, com produção de acetaldeído, álcool e modificação indesejável do sabor e aroma, e níveis consideravelmente altos de dióxido de carbono (maiores que 10%) podem promover injúrias fisiológicas no tecido.

O uso de oxigênio na faixa de 2% a 4% e de dióxido de carbono na faixa de 5% a 10%, isoladamente ou em conjunto, diminuiu a produção de etileno de kiwis minimamente processados (AGAR *et al.*, 1999). Baixos níveis de oxigênio e altos níveis de dióxido de carbono foram capazes de preservar a qualidade visual, firmeza, teores de sólidos solúveis e acidez, embora o mais baixo nível de oxigênio tenha promovido acúmulo de acetaldeído e etanol, e o mais alto nível de dióxido de carbono, escurecimento das fatias.

A ciência das faixas ideais de concentração de gases ao redor do produto é fundamental no desenvolvimento e escolha de filmes poliméricos, em função de sua permeabilidade, tipo de produto e condições de armazenamento, com o intuito de incrementar a vida de prateleira.

5.3 Tratamentos químicos

Modificações na coloração original, como o escurecimento superficial, e o amaciamento da polpa são fatores limitantes na comercialização de frutas minimamente processadas. A extensão da vida pós-corte de frutas, incluindo o kiwi, tem sido determinada por baixas temperaturas, modificação atmosférica, absorventes e inibidores da ação do etileno, tratamentos com cálcio e agentes antiescurecimento (ABE e WATADA, 1991; WRIGHT e KADER, 1997; AGAR *et al.*, 1999; GONZALEZ-AGUILAR *et al.*, 2000; VILAS-BOAS e KADER, 2001). Alguns tratamentos químicos passíveis de uso em kiwis minimamente processados são discutidos a seguir.

5.3.1 Cálcio

O cálcio é um mineral que se liga às substâncias pécticas, dando origem aos pectatos de cálcio, estruturas que conferem estabilidade à parede celular. O uso de cálcio por meio de soluções aquosas de seus sais (como o cloreto de cálcio e o lactato de cálcio) tem sido eficaz na prevenção do amaciamento de diversas frutas. De acordo com Carvalho (2000), baseado em análise sensorial, fatias de kiwis tratadas com 1% de cloreto de cálcio tiveram vida útil de dez dias, a 1°C, em comparação com seis dias atribuídos a fatias não tratadas, sob a mesma temperatura.

As fatias tratadas com cálcio apresentaram maior concentração de cálcio total e ligado, menor solubilização de substâncias pécticas, maior firmeza e melhor aparência e sabor do que as fatias usadas como controle. Segundo Agar *et al.* (1999), fatias de kiwis tratadas com 0,25%, 0,5% e 1% de cloreto de cálcio e com 0,5%, 1% e 2% de lactato de cálcio apresentaram textura mais firme durante seis dias de armazenamento a 0°C do que fatias não tratadas, com os melhores resultados sendo obtidos com as maiores concentrações de cada sal. Mesmo a temperaturas mais elevadas (10°C), o cloreto de cálcio (1%) tem-se mostrado efetivo na prevenção do amaciamento de fatias de kiwis, durante o armazenamento.

5.3.2 Metilciclopropeno (1-MCP)

Frutas intactas e minimamente processadas são sensíveis ao etileno, que, uma vez presente no ambiente de armazenamento, antecipa o amadurecimento e a senescência desses produtos, diminuindo consideravelmente a sua vida útil.

O etileno (C₂H₄) é um hormônio vegetal volátil, produzido praticamente por todos os vegetais, que desempenha papel crucial no amadurecimento e senescência de frutas. Ele é geralmente considerado o gatilho que dispara as reações que culminam com as modificações na coloração, “flavor” e textura, associadas ao amadurecimento de frutas climatéricas, que as tornam aptas para o consumo.

Entretanto, o etileno antecipa a senescência tanto de frutas climatéricas como de não-climatéricas, intactas ou minimamente processadas. Uma vez

produzido, ele se liga a sítios receptores nas células dos tecidos vegetais, podendo, a partir daí, lançar sinais e exercer seu papel. Frutas como banana, kiwi e manga amadurecem rapidamente quando expostas ao etileno.

A produção de etileno é estimulada por ações físicas como descascamento e fatiamento, práticas comuns do processamento mínimo de frutas, e as concentrações acumuladas são suficientes para afetar a sua qualidade. Frutas descascadas e/ou fatiadas tendem a amaciar e a perder a sua qualidade pouco tempo após serem submetidas à ação do etileno. Níveis de etileno reconhecidamente deletérios à qualidade de frutas intactas e minimamente processadas são facilmente encontrados em câmaras de armazenamento ou no interior de embalagens.

Em geral, a senescência de frutas maduras é promovida por concentrações de etileno da ordem de 100 ppb. Esta concentração varia, contudo, em função da espécie e do grau de maturidade da fruta. Níveis tão baixos quanto 5 ppb a 10 ppb promovem o amaciamento rápido de kiwis, obrigando a sua pronta comercialização.

O acúmulo de etileno em ambientes de manipulação e armazenamento de frutas pode ser provocado pela sua emissão a partir de frutas em amadurecimento, motores, fumaça (inclusive de cigarros), vazamentos de gás natural, fungos etc. A manutenção do ambiente livre de etileno é importante quando se pensa em maximizar o potencial de conservação pós-colheita e pós-corte de frutas. Absorvedores de etileno e inibidores de sua síntese têm sido sugeridos para esses propósitos. Alguns agentes atuam inibindo a ação do etileno, ao invés da síntese, e nenhum tem se mostrado tão efetivo quanto o 1-metilciclopropeno (1-MCP). Logo, o 1-MCP é um aliado em potencial na extensão da vida de prateleira de frutas intactas e minimamente processadas.

O 1-MCP é um produto a ser aplicado pós-colheita. Ele bloqueia a ligação do etileno a seu receptor. O fruto pode permanecer produzindo etileno, embora não exista resposta ao hormônio, a despeito da fonte. Em condições normais, o etileno se liga a uma molécula receptora, provavelmente uma proteína de membrana, de onde surge a resposta. A ligação do etileno ao receptor sugere o encaixe de uma chave à fechadura, considerando-se o etileno como a chave e o receptor como a fechadura. Quando o etileno se liga ao receptor, é como se a fechadura destravasse e a porta abrisse. Com isso é desencadeada uma cascata de reações associadas à qualidade e vida pós-colheita dos frutos.

O 1-MCP também é hábil em se ligar ao receptor de etileno. Ele também age como uma chave que se acopla na fechadura, mas é incapaz de destravá-la e abrir a porta. Quando o 1-MCP está ocupando o sítio receptor, é impossível para o etileno se ligar a ele. É desta forma que o 1-MCP atua como inibidor da ação do etileno em vegetais.

O período de ação do 1-MCP é limitado, visto que novos receptores do etileno vão sendo sintetizados, dinamicamente, permitindo o normal amadurecimento dos frutos, principalmente após o período de armazenamento.

Aplicações sucessivas (mensais, por exemplo) de 1-MCP podem ser viáveis na manutenção da qualidade de frutas por longos períodos.

A ação do 1-MCP aplicado após o processamento, por seis horas, à temperatura de 10°C, na concentração de 1 ppm, foi comparada à reconhecida ação do cloreto de cálcio (1%) sobre a manutenção da firmeza de kiwis 'Hayward' minimamente processados, armazenados a 10°C por três dias. O 1-MCP preveniu o amaciamento de kiwis minimamente processados, promovendo efeitos similares ao cloreto de cálcio, aos dois e aos três dias de armazenamento, e um efeito sinérgico foi observado no terceiro dia (dados não-publicados).

Kiwis da cultivar Hayward foram submetidos à ação do 1-MCP, a 1 ppm, aplicado por seis horas a 10°C, antes e após o processamento, com as fatias armazenadas a 5°C por sete dias. O 1-MCP controlou efetivamente o amaciamento de fatias de kiwi, independentemente do momento de aplicação, antes ou após processamento (dados não-publicados).

Kiwis minimamente processados tendem a escurecer (intensificação da coloração verde e perda de brilho) com o armazenamento. A aplicação de 1-MCP, antes ou após o processamento, não afetou o escurecimento de fatias de kiwis, mesmo quando combinado com cloreto de cálcio.

A aplicação de 1-MCP, antes ou após o processamento, reduziu a taxa respiratória e a taxa de produção de etileno de kiwis minimamente processados (dados não-publicados). Como o kiwi é altamente sensível ao etileno, as concentrações de etileno durante o armazenamento de kiwis minimamente processados devem ser mantidas constantemente baixas e isto pode ser obtido com o uso do 1-MCP.

5.3.3 Ácido ascórbico e ácido cítrico

Embora o tratamento de fatias de kiwis com ácido ascórbico permita aumento nos seus níveis naturais de vitamina C, por sua eficiente absorção pelos tecidos, ele afeta negativamente a firmeza dos tecidos. Outros agentes antioxidantes, como o ácido acético e o ácido cítrico, usados na concentração de 1%, não afetaram o sabor, a cor e a aparência das fatias. Concluiu-se, portanto, que tais tratamentos não se mostram interessantes na extensão da vida de prateleira de kiwis minimamente processados (CARVALHO, 2000).

5.3.4 Sanitizantes

A preocupação com a segurança é uma constante no negócio de frutas minimamente processadas. O uso de sanitizantes para manter limpa a unidade de processamento e desinfetar as frutas antes e algumas vezes após o processamento é fundamental para garantir tal segurança. Hipoclorito de sódio a 100 ppm e boas práticas de fabricação têm sido efetivos no controle de microorganismos em diferentes frutas, incluindo kiwi.

De acordo com Carvalho (2000), kiwis desinfectados antes e após o processamento com 100 ppm e 10 ppm de hipoclorito de sódio, respectivamente, e armazenados por dez dias a 1°C e 85% de umidade relativa, não apresentaram contagens microbiológicas para coliformes totais e fecais, mesófilos, psicrotróficos, fungos filamentosos e leveduras, durante o período de armazenamento.

Peróxido de hidrogênio e ozônio também têm sido eficazes na salvaguarda da segurança de frutas minimamente processadas. Métodos de conservação como a refrigeração e a manipulação atmosférica são também importantes na manutenção da carga microbiana em níveis baixos.

6. Considerações finais

Kiwis são importantes fontes de fibras, minerais e vitaminas e possuem também destacadas características organolépticas, o que os torna muito apreciados no mercado. Na busca por produtos saudáveis e convenientes, em que as frutas minimamente processadas surgem como novo horizonte, o processamento mínimo do kiwi agrega novos valores a este já valorizado produto.

Não obstante, o processamento aumenta a perecibilidade do produto, comprometendo a sua vida pós-corte. Técnicas adequadas de conservação podem ser adotadas para estender a vida de prateleira de kiwis minimamente processados, sem negligenciar a sua qualidade, seja do ponto de vista sensorial, nutricional ou de segurança.

A despeito de poucos estudos acerca deste importante produto, a sanitização adequada e a refrigeração, aliadas à manipulação atmosférica e a tratamentos químicos, são medidas importantes a serem adotadas na sua conservação. Novas pesquisas são requeridas para entender melhor a fisiologia do produto após o processamento e a sua resposta a diferentes condições de armazenamento.

7. Referências bibliográficas

ABE, K.; WATADA, A. E. Ethylene absorbent to maintain quality of lightly processed fruits and vegetables. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 56, n. 6, p. 1589-1592, Nov./Dec. 1991.

AGAR, I. T.; MASSANTINI, R.; HESS-PIERCE, B.; KADER, A. A. Postharvest CO₂ and ethylene production and quality maintenance of fresh-cut kiwifruit slices. **Journal of Food Science**, v. 64, p. 433-440, 1999.

CARVALHO, A. V. **Avaliação da qualidade de kiwis cv. Hayward, minimamente processados**. 2000. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, UFLA, Lavras, MG, 2000.

CHEAH, L. H.; IRVING, D. E. Kiwifruit. In: MITRA, S. **Postharvest physiology and storage of tropical and subtropical fruits**. New York: CABI, 1997. Cap. 9, p. 209-227.

CRISOSTO, C. H.; MITCHAM, E. J.; KADER, A. A. **Produce facts – kiwifruit: recommendations for maintaining postharvest quality**. Davis, California: UC Davis, 2000. p. 40-41.

GIVEN, N. K. Kiwifruit. In: SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. A. **Biochemistry of fruit ripening**. Londres: Chapman & Hall, 1993. Cap. 7, p. 235-254.

GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A.; WANG, C. Y.; BUTA, J. G. Maintaining quality of fresh-cut mangoes using antibrowning agents and modified atmosphere packaging. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, p. 4204-4208, 2000.

LUH, B. S.; WANG, Z. Kiwifruit. **Advances in food research**, San Diego, v. 29, p. 279-309, 1984.

SODA, I.; HASEGAWA, T.; SUZUKI, T.; OGURA, N. Detection of poligalacturonase in kiwifruit during ripening. **Agricultural and Biological Chemistry**, Tokyo, v. 50, n. 12, p. 3191-3192, 1986.

VILAS-BOAS, E. V. de B.; KADER, A. A. Effect of 1-MCP on fresh-cut fruits. **Perishables Handling Quarterly**, n. 108, p. 25-25, 2001.

WEGRZYN, T. F.; MacRAE, E. A. Alpha-amylase and starch degradation in kiwifruit. **Journal of Plant Physiology**, v. 147, p. 19-28, 1995.

WRIGHT, K.P.; KADER, A. A. Effect of slicing and controlled-atmosphere storage on the ascorbate content and quality of strawberries and persimmons. **Postharvest Biology and Technology**, v. 10, p.39-481. 1997.

Nota do Autor: Parte dos resultados apresentados neste capítulo foi obtida a partir de pesquisas desenvolvidas pelo autor, em 2001, na University of California, Davis, EUA, com o suporte (bolsa de pós-doutorado) da CAPES, em associação com o Dr. A. A. Kader.

Capítulo 12

Processamento mínimo de maçã

Peter M. A. Toivonen

1. Introdução

Maçãs minimamente processadas têm sido comercializadas na América do Norte e na Europa há vários anos. Enquanto a principal tendência para o consumo de maçãs minimamente processadas aponta para o produto fresco, existem outros mercados potenciais como o de fatias frescas, para o preparo de tortas caseiras, bem como maçãs trituradas, para o preparo de saladas e outros produtos caseiros (bolos e tortas como o “apple strudel”). A conveniência da maçã é bem similar à das hortaliças minimamente processadas, como as mini-cenouras, que são tanto consumidas cruas, como tira-gosto, quanto cozidas.

A motivação por trás da idéia de se promover maçãs minimamente processadas é aumentar o consumo dessa fruta, que em algumas partes do mundo tem estado estagnado por mais de uma década. Tal estagnação está relacionada ao fato de que a maçã é consumida geralmente da mesma forma há gerações.

Situação similar foi verificada com cenoura nos EUA, na década de 80, antes do surgimento das mini-cenouras. Após o seu aparecimento, o consumo de cenouras tem aumentado significativamente, o que foi creditado sobretudo ao formato conveniente (“snack food”) das mini-cenouras (WEISE, 2004).

O mercado de maçã é similar ao da maioria dos produtos minimamente processados e sua comercialização tende a crescer de forma significativa nos próximos anos (CLEMENT, 2004). Entretanto, há desafios que afetam os produtores de maçãs minimamente processadas e que não afetam a maioria dos demais processadores de outros produtos. O maior desafio é o fato de que maçãs são colhidas somente durante alguns meses do ano (de setembro a novembro no Hemisfério Norte e de fevereiro a abril no Hemisfério Sul).

Após a colheita, o produto é armazenado por períodos de curta duração (sob refrigeração) ou longa duração (sob atmosfera controlada) e disponibilizado durante o ano. Isso diferencia a maçã dos demais produtos, que são processados após algumas horas, dias ou semanas depois de colhidos. Assim, maçãs para processamento mínimo podem ser frescas, recém-colhidas ou armazenadas por mais de oito meses.

O que isso significa para uma empresa de maçãs minimamente processadas? Primeiramente, a taxa de respiração da matéria-prima e do produto minimamente processado preparado mudará ao longo do tempo (Figura 1).

Se um filme de plástico for selecionado como apropriado para otimizar a atmosfera das fatias de maçãs preparadas com frutos frescos recém-colhidos, infere-se que esse mesmo filme será muito permeável para produto minimamente processado preparado com maçãs armazenadas por longos intervalos de tempo. Adicionalmente, as mudanças na atividade respiratória não são similares para todas as cultivares de maçãs em todos os anos. Então, é provavelmente melhor selecionar um filme no qual a atmosfera não se modifique demasiadamente nas diferentes épocas do ano.




Figura 1. Taxa respiratória de fatias minimamente processadas de três cultivares de maçãs colhidas em três épocas do ano e armazenadas em ar ambiente e sob atmosfera controlada.

Enquanto o uso de atmosferas ótimas recomendadas possa parecer pouco intuitivo (BEAUILEU e GORNY, 2004), ela tem pouca consequência para a qualidade final do produto, pois agentes antiescurecimento são amplamente aplicados para reduzir essa desordem nas superfícies cortadas. De fato, um estudo comprovou que o uso de embalagens extremamente permeáveis resultou na melhor qualidade para maçãs fatiadas (Figura 2).

Figura 2. Crocância de fatias de maçã determinada por um painel de análise sensorial usando escala hedônica de 1 a 10 (1= pouco crocante; 10 = extremamente crocante) após duas semanas de armazenamento a 5°C. (A taxa de transmissão de oxigênio (OTR) está expressa na unidade $O_2 \text{ m}^{-2} 24 \text{ h}^{-1}$. Para obter na unidade $\text{mL } O_2 100 \text{ in}^{-2} 24 \text{ h}^{-1}$, os valores devem ser divididos por 15,5.

Outra questão extremamente importante na obtenção de maçãs minimamente processadas diz respeito à escolha correta da cultivar a ser processada. Algumas cultivares são mais apropriadas do que outras em termos de qualidade e vida de prateleira potencial. Enquanto todas as cultivares podem ser potencialmente processadas, desde que o processamento mínimo, tratamentos e embalagem sejam feitos cuidadosamente, a experiência no mundo real é bem diferente. Como consequência, empresas processadoras se especializaram com o passar do tempo em algumas cultivares, a fim de evitar problemas esporádicos de qualidade. A base para a ocorrência de alguns desses problemas será discutida adiante.

Um terceiro ponto, talvez o mais importante, que afeta muitas empresas de processamento mínimo de maçãs, diz respeito à segurança dos alimentos. A maçã minimamente processada é um alimento e, desta forma, o processamento e a embalagem devem seguir normas de segurança. A indústria de processamento mínimo tem vários aspectos de sanitização e de segurança a considerar em comparação com outras indústrias de alimentos, uma vez que os produtos minimamente processados não passam por processos de pasteurização ou esterilização, sendo distribuídos na forma fresca, após corte e embalagem.

Entrar no negócio de processamento mínimo pode ser amedrontador para incautos e novatos. Recomenda-se, portanto, que qualquer processador de maçã que deseje entrar nesse negócio obtenha informações no que tange a projetos completos, incluindo plantas baixas e descrição de equipamentos, bem como as práticas gerais para o processamento mínimo. Existe um número significativo de fontes de consulta que podem ajudar o processador novato (KITINOJA e GORNY, 1999; GORNY, 2001; CANTWELL e SUSLOW, 2002; HARRIS *et al.*, 2002; CANTWELL, 2003; MORETTI, 2003). Adicionalmente, a International Fresh-cut Produce Association, Universidade da Califórnia (Davis, EUA) e a Embrapa Hortaliças, dentre outras instituições, oferecem periodicamente cursos sobre processamento mínimo de frutas e hortaliças.

2. Fluxograma e descrição das etapas do processamento mínimo de maçã

A seguir é apresentado o fluxograma do processamento mínimo de maçã (Figura 3) e são descritas as principais etapas envolvidas na obtenção de maçãs minimamente processadas.

2.1 Recepção, seleção e resfriamento rápido dos frutos

As maçãs para processamento mínimo devem ser obtidas a granel e selecionadas por tamanho. Descartar frutos que tiveram contato com o solo durante a colheita, pois a carga de contaminação é normalmente elevada, como também é elevada a possibilidade de contaminação cruzada durante a colheita. Evitar também frutos que tenham passado por aplicação de cera, porque ficarão com aspecto inaceitável após a imersão em soluções antiescurecimento, basicamente devido ao fato de que a cera começa a formar flocos sobre a superfície cortada.

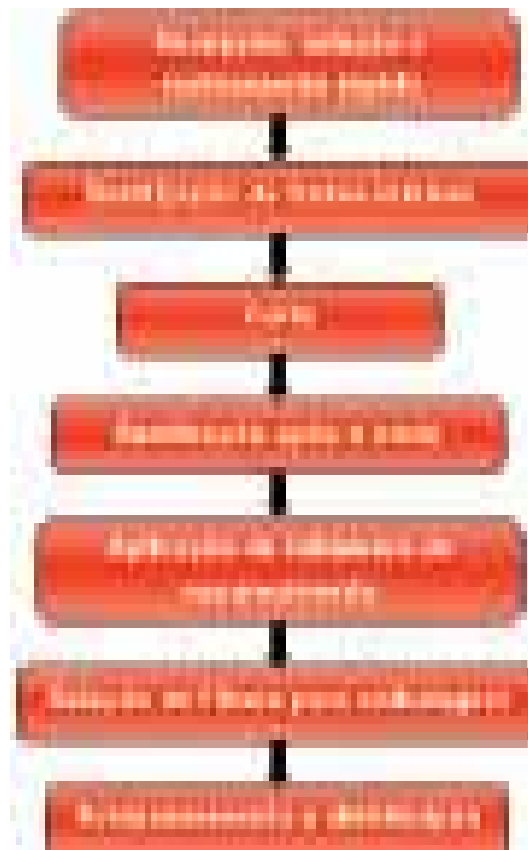


Figura 3. Fluxograma do processamento mínimo de maçã.

A seleção por tamanho é extremamente importante, uma vez que os equipamentos de corte são calibrados para cortar um tamanho específico de maçãs. Normalmente são usadas maçãs de tamanho médio, porque existe boa disponibilidade de maçãs desse tamanho. O processador de maçãs deve entrar em contato com fornecedores de equipamentos para informar sobre as exatas especificações dos equipamentos de corte que pretende adquirir. Após a seleção, os frutos são resfriados até a temperatura próxima a 0°C. Os métodos mais usados são: ar frio forçado ou hidrorresfriamento.

A qualidade interna do fruto que será processado deve ser a mais elevada possível. Frutos amolecidos, podres ou danificados mecanicamente não devem chegar ao processador. Esses frutos devem ser removidos durante a seleção na sala de embalagem ou no momento de recepção da matéria-prima. A área de recepção e o tanque de lavagem das maçãs inteiras devem estar localizados na parte externa da unidade de processamento (Figura 4).

Observa-se claramente na figura 4 que a área de recebimento da matéria-prima é isolada da área de processamento e que os frutos são transferidos de uma área para outra por meio de aberturas (óculos) nas paredes. Tal transferência seria idealmente realizada por meio de canaletas com água. Maiores detalhes devem ser obtidos com técnicos especialistas na área de projetos de plantas de processamento mínimo.

Figura 4. Representação esquemática de uma planta hipotética de processamento mínimo de maçãs.

A separação entre a área de recepção e a área de processamento auxilia no controle da contaminação microbiológica. Os frutos devem então ser levados para a sala de processamento, onde são colocados, manual ou mecanicamente, na máquina de corte. O ideal é o processamento de frutos bem firmes, pois frutos moles serão danificados na máquina de corte. Também, sempre que possível, preferir frutos simétricos, pois os assimétricos resultam num produto processado de baixa qualidade e aumento do desperdício. A coloração da casca não é um fator primordial, desde que não haja danos aparentes.

Neste ponto já se deve ter um critério que elimine os frutos que não se prestam para o processamento mínimo. Em geral, teor de sólidos solúveis totais, firmeza e acidez titulável são bons critérios a seguir. O exato valor para cada uma dessas variáveis vai depender da cultivar em questão e talvez também da época do ano em que o processamento mínimo será realizado. Deve-se enfatizar que maçãs minimamente processadas são um produto de alto valor agregado, e a expectativa dos consumidores em relação à textura e ao sabor é de um produto que seja razoavelmente firme e tenha um balanço entre os teores de açúcares e ácidos. Maçãs mais firmes, com alto teor de sólidos solúveis totais e acidez titulável, terão maior firmeza e outros atributos de qualidade em níveis mais elevados quando processados (KIM *et al.*, 1993).

2.2 Sanitização de maçãs inteiras antes do corte

Maçãs, como todas as demais frutas e hortaliças minimamente processadas, devem ser lavadas e higienizadas antes da operação de corte, com o intuito de minimizar a possibilidade de contaminação cruzada das superfícies cortadas com microorganismos que estão na superfície dos frutos. Isso é feito logo após a recepção e seleção dos frutos. As maçãs devem ser colocadas em um tanque com água, cuja temperatura deve ser similar à do centro dos frutos, para evitar que estes se contraíam e acabem absorvendo água e microorganismos no seu interior (BUCHANAN *et al.*, 1999). Se isto acontecer, as maçãs minimamente

processadas serão contaminadas por microorganismos e terão a vida de prateleira e a inocuidade comprometidas.

Já a sanitização e o enxágüe posterior devem ser feitos com água gelada, com temperatura ao redor de 0°C. O uso de sanitizantes é essencial para controlar a contaminação cruzada dos frutos colocados nos diferentes tanques (HARRIS *et al.*, 2002). O cloro é o sanitizante geralmente usado nas diversas operações e é aplicado como hipoclorito de cálcio ou sódio.

As regiões apicais e distais do fruto são locais muito problemáticos para higienização, uma vez que, em função da própria morfologia do fruto, permitem o acúmulo de populações de microorganismos. Além disso, esses locais são de difícil higienização (SAPERS *et al.*, 2000). Por essa razão, o controle de microorganismos no cálice, no miolo e na extremidade distal do fruto é quase impossível. Por essa razão, durante o processo de corte, a parte central do fruto é separada e descartada assim que possível. A maioria dos equipamentos de corte possui um sistema que descarta o miolo do fruto, direcionando-o para recipientes de descarte, enquanto o restante do material processado prossegue na linha de processamento.

2.3 Corte das maçãs

Os sistemas de corte para maçãs minimamente processadas são relativamente simples e empregam lâminas radiais montadas adjacentes a um cilindro central para a remoção do miolo do fruto (Figura 5).

Figura 5. Esquema geral de um fatiador/removedor de cilindro central, usado em equipamento para retirar o miolo e cortar maçãs em segmentos.

Observa-se que as lâminas de corte para a operação de fatiamento em setores são montadas em ângulos oblíquos e afixadas numa extremidade no cilindro de corte e na outra extremidade no cilindro de remoção do miolo do fruto.

Todos os revendedores de equipamentos de processamento mínimo de maçãs possuem diferentes opções em relação ao número de fatias por fruto, bem como ao tamanho do cilindro central, cuja seleção é determinada pelo tamanho das maçãs a serem processadas. Maçãs maiores necessitarão de um cilindro central de diâmetro maior. Já existem no mercado máquinas com sistemas ajustáveis aos diferentes calibres de frutos. Tal equipamento facilita o trabalho dos processadores à medida que possibilita o ajuste a maçãs de diferentes calibres.

Na operação de corte pode ocorrer contaminação microbiológica (CANTWELL e SUSLOW, 2002) e, por essa razão, o equipamento deve possuir dispositivo que propicie a contínua limpeza das lâminas e da mesa de corte. A maioria das empresas que fabrica processadores de maçãs oferece opções que atendem a essa necessidade.

Existem diversas empresas que fabricam equipamentos especificamente desenhados para o processamento mínimo de maçãs. A principal diferença entre os sistemas disponíveis no mercado é que alguns podem descascar, tirar o miolo e cortar em fatias ou segmentos (setores), enquanto os outros sistemas somente cortam e retiram o miolo. As principais empresas que atuam no mercado e possuem equipamentos para o processamento mínimo de maçãs são: *Atlas Pacific Engineering Company* (Pueblo, CO, EUA), *Bock Engineered Products Inc.* (Toledo OH, EUA) e *Kronen Nahrungsmitteltechnik* (Willstätt, Alemanha). Para maiores informações, sugere-se que os interessados entrem diretamente em contato com esses fabricantes.

2.4 Sanitização após o corte

As fatias devem ser lavadas após o corte, para a retirada de sucos celulares liberados com o corte. Em fatias de maçã, açúcares e ácidos orgânicos compõem a maior parte do conteúdo celular a ser removido. Todavia, a limpeza das fatias pode ser problemática, uma vez que grandes quantidades de açúcares e ácidos são liberadas com o corte. Se as fatias recém-cortadas são colocadas diretamente nos tanques de sanitização, grandes quantidades de agente sanitizante são consumidas rapidamente, sobretudo pela interação com a matéria orgânica do produto (DELAQUIS *et al.*, 2004).

Tentativas para manter níveis elevados de sanitizantes nessas situações são pouco exitosas, daí que o risco de contaminação cruzada entre as fatias pode ser elevado. Modificações nos sistemas de lavagem após o corte têm sido propostas para reduzir ou eliminar o problema. Uma sugestão é o uso de “sprays” para a lavagem do fruto cortado juntamente com a movimentação do

material processado sobre uma correia perfurada ou telada (TOIVONEN *et al.*, 2003).

A água pode ser recirculada, se desejado, mas somente se for antes microfiltrada para a remoção de microorganismos ou pasteurizada (por calor ou raios UV). Nesse sistema, a água de lavagem somente entra em contato com a fatia antes de ser drenada, o que é extremamente importante no que diz respeito à prevenção de contaminação cruzada. A reutilização da água vai depender da disponibilidade e das restrições para o uso de água potável.

2.5 Aplicação de inibidores de escurecimento em fatias cortadas

Após o enxágüe, as fatias de maçãs precisam ser tratadas com formulações especiais que inibam o escurecimento enzimático do produto. Nas referências bibliográficas há registros de autores e obras que abordam vários inibidores de escurecimento de uso comercial (LABUZA *et al.*, 1992; LUO, 1992; GIL *et al.*, 1998; LAURILA *et al.*, 1998; BHAGWAT *et al.*, 2003; SAPERS e PILIZOTA, 2004). Uma nova técnica envolvendo a aplicação de filmes comestíveis em maçãs minimamente processadas foi proposta por McHugh e Senesi (2000). Todavia, ainda não se mostrou efetiva para ser aplicada em nível comercial.

Inibidores de escurecimento são comumente aplicados pela colocação do produto recém-processado em um tanque de imersão. Todavia, tem-se verificado que alguns microorganismos podem sobreviver em tanques de aplicação de inibidores de escurecimento e esse é outro ponto onde a contaminação cruzada pode ocorrer (TOIVONEN *et al.*, 2003). A inibição do escurecimento com o uso de “sprays” é similar à obtida pela imersão do produto em tanques (TOIVONEN *et al.*, 2003). Se o inibidor de escurecimento for recirculado e reutilizado, a solução deve ser microfiltrada ou pasteurizada com calor, para reduzir a carga microbiana e eliminar a possibilidade de contaminação cruzada.

2.6 Seleção de filmes para embalagem

Após o tratamento com inibidores de escurecimento, as fatias são drenadas ou podem ser secas com ar forçado antes de serem embaladas. Existem diversos formatos possíveis para a embalagem de maçãs minimamente processadas. Os dois mais comuns são: sacos de filmes de plástico flexíveis e bandejas translúcidas de poliestireno.

Os filmes de plástico são produzidos e comercializados de acordo com sua taxa de transmissão de oxigênio (OTR). As empresas fornecedoras sempre se referem à OTR de duas formas: em mililitros de O₂/100 pol²/24 h, ou de b. cm³/m²/24 h. Foi desenvolvida em laboratórios da Agriculture and Agri-Food Canada uma especificação em que a permeabilidade da embalagem tinha no mínimo uma OTR de 283 ml O₂/100 pol²/24 h, considerando uma embalagem com 454 g de fatias com dimensões de 20,32 × 20,32 cm. Se for desejável uma nova embalagem

com massa de produto ou dimensões diferentes, uma nova OTR pode ser facilmente calculada, usando uma fórmula simples (Equação 1).

$$\text{Nova OTR mínima} = \frac{36224 \times \text{massa das maçãs fatiadas}}{32 \times \text{dimensões da embalagem}}$$

em que,
massa das maçãs fatiadas = a nova massa de maçãs dentro da embalagem, em onças (1 onça = 28,34 g);
dimensões da embalagem = o produto do comprimento pela largura da nova embalagem, em polegadas quadradas (1 polegada quadrada = 6,45 cm²).

A nova OTR é dada em mililitros de O₂/ 100 pol²/24 h. Para obter os valores em mililitros de O₂ / m² /24 h, basta multiplicar por 15,5.

Se uma embalagem de poliestireno rígido é utilizada, o projeto da embalagem é mais complexo e o processador deve procurar auxílio especializado.

2.7 Armazenamento do produto processado

As maçãs minimamente processadas devem ser armazenadas em câmaras com a temperatura regulada o mais próximo possível de 0°C. A vida de prateleira de maçãs minimamente processadas decresce exponencialmente com a elevação da temperatura do ambiente de armazenamento (experiência do autor). Assim, a adesão às boas práticas de gestão da temperatura é a melhor forma de assegurar com consistência uma vida de prateleira aceitável para o produto. Na realidade, porém, o controle de temperatura do produto a partir do momento em que deixa a unidade de processamento mínimo é muito distante do ideal (Figura 6).

Figura 6. Representação do padrão de expectativas de temperaturas durante o manuseio de produtos minimamente processados.

As informações constantes da figura 6 não necessariamente representam o que acontece em situações específicas. Todavia são usadas no desenvolvimento de expectativas realísticas quanto à conservação do produto. (Informação: Cortesia do Dr. G. S. Mudahar, Salad Time Farms, Inc., Canadá).

A empresa de maçãs minimamente processadas deve estimar a vida de prateleira do produto avaliando-o à temperatura de 5°C, a fim de se resguardar contra problemas que podem ocorrer com consumidores. Testes de vida de prateleira devem ser feitos nessa temperatura, e a data de validade deve ser baseada numa estimativa conservadora de quando o produto se tornará impróprio para o consumo. Se tudo for feito adequadamente, pode-se esperar uma vida de prateleira entre sete e catorze dias a partir da data de corte. Essa faixa reflete as diferenças que podem existir entre cultivares, manejo de temperatura, processos de manuseio e corte e expectativas do consumidor.

Enquanto a vida de prateleira máxima de maçãs minimamente processadas é normalmente avaliada como o ponto onde as características visuais e de firmeza se tornam inaceitáveis, alterações de sabor e aroma podem dar origem a um produto insípido bem antes de que medições de firmeza e visuais indiquem o fim da vida de prateleira (KADER, 2003).

3. Aspectos relacionados com rotulagem, qualidade e segurança

A demanda por informações no mercado alimentício tem crescido sensivelmente nos últimos anos em todo o mundo. Alguns países, incluindo o Brasil, tem legislação específica sobre rotulagem de alimentos, frescos ou processados. Além da composição nutricional, é extremamente importante que os consumidores tenham acesso também a informações relativas à qualidade e à segurança do alimento consumido.

a) Informações nutricionais

Os requerimentos de rotulagem nutricional estão se tornando cada vez mais comuns em diversos mercados. A empresa deve buscar obter informações a respeito do conteúdo nutricional da maçã minimamente processada que produz, para colocá-las no rótulo da embalagem do produto, baseando-se sempre numa porção individual.

Na página da Internet da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) (www.anvisa.org.br/alimentos/rotulos/index.htm) está disponível um programa que auxilia no cálculo das informações nutricionais para a geração de rótulos como os exemplificados acima.

Aditivos e conservantes eventualmente usados em maçãs minimamente processadas devem estar discriminados na embalagem do produto. Atualmente, o único aditivo usado é o inibidor de escurecimento, e a necessidade de incluir essa informação varia de acordo com a legislação local. Em alguns locais, a

menção do uso desse aditivo na embalagem não é necessária, uma vez que a formulação mais usada por processadores contém somente sais de cálcio e ácido ascórbico, os quais são considerados seguros (“Generally Regarded as Safe” – GRAS) pelo órgão que regulamenta a comercialização de remédios e alimentos nos EUA, a Food and Drug Administration (FDA).

Em alguns países é suficiente colocar no rótulo do produto a inscrição “adição de vitamina C e cálcio”. Mas em alguns locais é exigido que a especificação de cada aditivo seja incluída no rótulo. Onde o inibidor de escurecimento tiver em sua composição enzimas proteolíticas, as embalagens devem trazer no rótulo a seguinte informação: “Tratado com enzimas alimentares”. É importante conhecer as exigências legais de rotulagem do produto no mercado onde se pretende comercializar maçãs minimamente processadas.

Ainda na embalagem é importante constar a vida de prateleira útil do produto, bem como informações acerca da temperatura ideal de manuseio e exposição do produto.

b) Qualidade e segurança

Enquanto em outros produtos minimamente processados a qualidade está normalmente associada a alterações fisiológicas, em maçã o principal problema está relacionado ao crescimento microbiano. Um fenômeno conhecido como “escurecimento secundário” é uma nova fonte de preocupação (TOIVONEN *et al.*, 2003) (Figura 8).

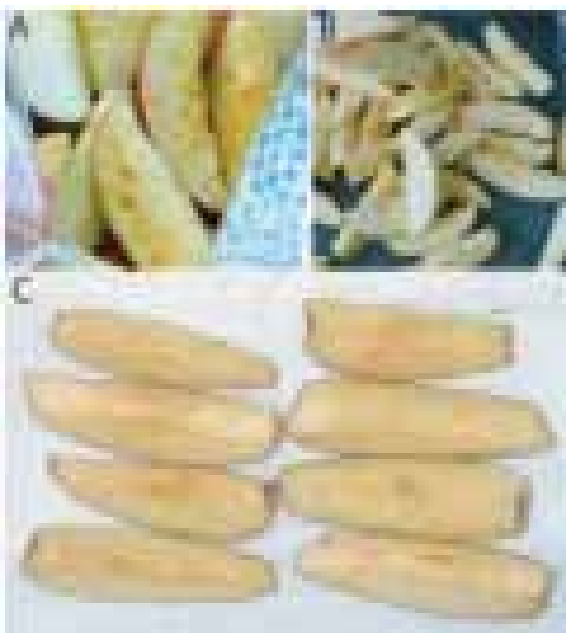


Figura 8. Escurecimento enzimático secundário (a / b) e nas bordas de maçãs minimamente processadas (c).

(Fotos: Peter M. A. Toivonen)

Tal fenômeno é observável de duas formas na borda das fatias de maçãs minimamente processadas. Na primeira, o escurecimento das bordas ocorre

algumas horas ou poucos dias após o processamento mínimo, enquanto o escurecimento secundário é observável após dez ou doze dias depois do processamento em produto armazenado à temperatura de 5°C. Na segunda, o escurecimento das bordas tende a ser difuso, enquanto o escurecimento secundário é localizado. Inibidores de escurecimento são eficientes no controle do escurecimento das bordas, mas são ineficientes no controle do escurecimento secundário, que tem origem microbiológica. Vários microorganismos como fungos e bactérias foram isolados em lesões secundárias de escurecimento, mas o agente causal não foi confirmado.

A sanitização após o processamento é, pois, um ponto nevrálgico do processo. Foi esse problema que levou pesquisadores a estudar a alternativa do uso de “spray” para sanitizar e tratar maçãs minimamente processadas, já que a contaminação cruzada deve ser sempre evitada (TOIVONEN *et al.*, 2003). Os pesquisadores mostraram que o tratamento de fatias de maçãs (colocadas sobre correias teladas feitas com material inoxidável) com “sprays” é um método eficiente para reduzir o escurecimento secundário.

4. Controle de populações microbianas

As fatias de maçãs minimamente processadas não podem ser esterilizadas ou pasteurizadas, porque perdem o aspecto de frescor típico desejável para o consumo. Assim, é de grande importância que os processadores envidem o máximo de esforços possíveis para controlar a carga microbiana no produto minimamente processado, de tal forma que o risco de alteração de qualidade e de segurança do produto seja mantido num patamar aceitável.

Esse processo começa e se baseia na adoção de boas práticas de fabricação (BPF) e na implementação de programas de análise de perigos e pontos críticos de controle (APPCC). Um programa rotineiro de limpeza da unidade de processamento, a qualidade da água e a sanitização dos equipamentos são essenciais para o controle de microorganismos e a qualidade de maçãs minimamente processadas.

Microorganismos de grande relevância do ponto de vista de segurança dos alimentos, como *Listeria monocytogenes* (CONWAY *et al.*, 2000) e *E. coli* (GUNES e HOTCHKISS, 2002), podem sobreviver sobre a superfície de maçãs minimamente processadas. Por isso, é essencial a prevenção contra a contaminação cruzada nas fatias de maçãs minimamente processadas durante as etapas de corte, enxágüe e inibição do escurecimento.

Uma razão adicional para manter a área de recepção da matéria-prima separada é a possibilidade de ocorrência de contaminação cruzada com materiais que vêm aderidos ao produto desde o campo, como restos culturais e insetos. Foi demonstrado que moscas-das-frutas podem carregar *E. coli* e contaminar as maçãs fatiadas (JANISIEWICZ *et al.*, 1999). Frutos inteiros podem trazer consigo, dentro das caixas que vêm do campo, insetos inteiros. O isolamento da área de

recepção propicia melhor verificação da matéria-prima e minimiza riscos de que frutos infestados sejam levados para a área de processamento.

O futuro do manejo microbiológico de maçãs fatiadas vai envolver também uma segunda barreira para minimizar riscos. Foi demonstrada a efetividade do uso de inibidores microbianos seguros (propionato de cálcio) em maçãs minimamente processadas (BHAGWAT *et al.*, 2003). Verificou-se que a efetividade do inibidor foi neutralizada quando a solução foi reciclada e reutilizada, basicamente devido ao abaixamento do pH, causado pelo acúmulo de ácido málico na solução. Esse ácido orgânico provavelmente vazou das fatias cortadas. Com base nessa constatação, Bhagwat *et al.* (2003) recomendaram uma única aplicação do inibidor de escurecimento e de crescimento microbiano, sem reciclagem da água, via “sprays”.

Também está sendo estudado o emprego do ácido vanílico ou vanilina no controle microbiano. Tais compostos têm comprovada eficiência no controle de alguns patógenos humanos (MOON *et al.*, 2004) e de microorganismos causadores de escurecimento secundário (TOIVONEN *et al.*, 2003). Aspectos relacionados à reutilização de soluções de ácido vanílico e vanilina foram discutidos por Bhagwat *et al.* (2003), que mencionaram que a eficiência dessas substâncias é afetada pelo pH da solução.

Song *et al.* (1996) usaram injeções de hexanal gasoso em maçãs fatiadas visando o controle de fungos, mas esse tratamento ainda não foi adotado pelas indústrias. Num futuro próximo, a irradiação também poderá ser considerada opção para o controle microbiano. Existem evidências de que doses de 2,4 kGy de irradiação gama podem ser efetivas (GUNES *et al.*, 2000). Não há resultados publicados até o momento sobre a eficiência de feixe de elétrons no controle de microorganismos.

5. Melhorias futuras de qualidade

O negócio de processamento mínimo de maçãs é relativamente novo e é muito provável que melhorias em projetos de equipamentos e nas diferentes etapas de manuseio resultarão em breve em melhoria da qualidade e em maior vida de prateleira dos produtos minimamente processados. Tanto para maçãs como para outros produtos minimamente processados há também espaço para a melhoria de cultivares especificamente para processamento mínimo.

Dois enfoques básicos devem ser considerados na busca de frutos com melhores atributos de qualidade: um voltado para o melhoramento genético tradicional e outro por meio de manipulação genética direcionada, isto é, desenvolvimento de maçãs geneticamente modificadas. Ambos os enfoques estão sendo explorados no que diz respeito à busca por caracteres relacionados ao escurecimento dos frutos. Existem pelo menos dois programas de melhoramento no Canadá que identificaram linhagens com frutos que não sofrem escurecimento. É ainda muito cedo para se comentar sobre o potencial de lançamento de maçãs que não escureçam a partir de programas de melhoramento.

Há ainda linhas de pesquisa que buscam maçãs que não escurecem a partir da inserção de genes anti-senso da polifenoloxidase em cultivares comerciais preexistentes (OKANAGAN, 2004). Essa tecnologia estará totalmente disponível muito provavelmente nos próximos anos. Em ambos os casos, melhoramentos em maçãs para processamento mínimo vão provavelmente evoluir nos próximos anos. O agronegócio da maçã terá opções que indubitavelmente reduzirão os seus custos de produção, pois a disponibilidade de maçãs sem ou com níveis muito baixos de escurecimento eliminará a necessidade de aditivos antiescurecimento.

Outros atributos de qualidade também terão importância capital para maçãs minimamente processadas no futuro, a exemplo dos relacionados ao aroma e ao sabor do produto processado. Os atributos de aroma e sabor são os primeiros a declinarem no produto minimamente processado (KADER, 2003). Se cultivares de maçãs com melhores características de aroma e sabor puderem ser desenvolvidas, então a qualidade poderá ser melhorada, fazendo com que o negócio de processamento mínimo de maçãs se torne mais competitivo em relação a outros produtos minimamente processados.

Para Abbott *et al.* (2004), os consumidores preferem maçãs minimamente processadas preparadas a partir de cultivares mais novas e mais saborosas, como GoldRush e Fuji, em detrimento daquelas feitas com materiais mais antigos, como Golden Delicious e Granny Smith.

6. Conclusões

O agronegócio de processamento mínimo de maçãs é jovem, de rápido desenvolvimento e com grande potencial de crescimento. Haverá oportunidades para a geração de novas técnicas e cultivares, bem como para a entrada de novos empresários neste segmento da indústria de alimentos. Todavia, em função do negócio ser relativamente novo, existem vários aspectos que devem ser encarados e resolvidos por todos os processadores, visando assegurar a qualidade e a segurança do alimento produzido, para que o negócio continue a existir. É muito importante que o processador de maçãs minimamente processadas esteja ciente dos aspectos relacionados com a segurança dos alimentos, tanto no projeto da unidade de processamento quanto na condução das diferentes etapas de produção. Tais pontos requerem equipe muito bem treinada, treinamento continuado e laboratórios de controle de qualidade química, física e microbiológica.

O entendimento pleno dos vários aspectos relacionados com a produção de maçãs minimamente processadas é essencial para o sucesso dos processadores. É fortemente recomendado que iniciantes invistam em pesquisa e desenvolvimento e procurem auxílio especializado com consultores que entendam do negócio. Com o passar do tempo, espera-se que as informações obtidas e a adoção de novas técnicas tornem o processo produtivo mais seguro e efetivo economicamente, dando origem a maçãs minimamente processadas de melhor qualidade.

7. Referências bibliográficas

ABBOTT, J. A.; SAFTNER, R. A.; GROSS, K. C.; VINYARD, B.T; JANICK, J. Consumer evaluation and quality measurement of fresh-cut slices of 'Fuji', 'Golden Delicious', 'Goldrush', and 'Granny Smith' apples. **Postharvest Biology and Technology**, 33: 127-140, 2004.

BEAULIEU, J. C.; GORNY, J. R. Fresh-cut fruits. In: GROSS, K; WANG, C. Y; SALTVEIT, M. E. (Ed.). **The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stock**. Washington: USDA Handbook 66 (in press). Disponível em: <<http://www.ba.ars.usda.gov/hb66/index.html>>. Acesso em 8 maio 2004.

BHAGWAT, A. A.; SAFTNER, R. A.; ABBOTT, J. A. Evaluation of wash treatments for survival of foodborne pathogens and maintenance of quality characteristics of fresh-cut apple slices. **Food Microbiology**, v. 21, p. 319-326, 2003.

BUCHANAN, R. L.; EDELSON, S. G.; MILLER R. L; SAPERS, G. M. Contamination of intact apples after immersion in an aqueous environment containing *Escherichia coli* O157:H7. **Journal of Food Protection**, v. 62, p. 444-450, 1999.

CANTWELL, M. I. **Fresh-cut products: maintaining quality and safety**. Davis, CA: UC Davis – Pomology Department, Postharvest Technology Research and Information Center, USA. 2003. 469 p.

CANTWELL, M. I.; SUSLOW, T. Postharvest handling systems: fresh-cut fruits and vegetables. In: KADER, A. A. (Ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**, University of California, Agriculture and Natural Resources, 2002. p. 445-463. (Publication 3311).

CLEMENT, D. B. Fresh-cut fruit category to top \$1 billion by 2008. **Fresh-Cut**, v. 12, n. 7, 2004.

CONWAY, W. S., LEVERENTZ, B.; SAFTNER, R. A.; JANISIEWICZ, W. J; SAMS, C. E.; LEBLANC, E. Survival and growth of *Listeria monocytogenes* on fresh-cut apple slices and its interaction with *Glomerella cingulata* and *Penicillium expansum*. **Plant Disease**, v. 84, p. 177-181, 2000.

DELAQUIS, P.; TOIVONEN, P.; WALSH, K.; RIVEST, K.; STANICH, K. Chlorine depletion in sanitizing solutions used for apple slice disinfection. **Food Protection Trends**, v. 24, p. 323-327, 2004.

GIL, M. I.; GORNY, J. R.; KADER, A. A. Responses of 'Fuji' apple slices to ascorbic acid treatments and low-oxygen atmospheres. **HortScience**, v. 33, p. 305-309, 1998.

GORNY, J. R. **Food safety guidelines for the fresh-cut produce industry**. 4th ed. International Alexandria, VA: Fresh-cut Produce Association, 2001.

GUNES, G.; HOTCHKISS, J. H. Growth and survival of *Escherichia coli* O157:H7 on fresh-cut apples in modified atmospheres at abusive temperatures. **Journal of Food Protection**, v. 65, p. 1641-1645, 2002.

GUNES, G.; WATKINS, C. B.; HOTCHKISS, J. H. Effects of irradiation on respiration and ethylene production of apple slices. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 80, p. 1169-1175, 2000.

HARRIS, L. J.; ZAGORY, D.; GORNY, J. R. Safety factors. In: KADER, A. A. (Ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. Davis, University of California, Agriculture and Natural Resources, 2002. p. 301-314. (Publication 3311).

JANISIEWICZ, W. J.; CONWAY, W. S.; BROWN, M.; SAPERS, G. M.; FRANTAMICO, P.; BUCHANAN, R. L. Fate of *Escherichia coli* O157:H7 on fresh-cut apple tissue and its potential for transmission by fruit flies. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 65, p. 1-5. 1999.

KADER, A. A. A perspective on postharvest horticulture (1978-2003). **HortScience**, v. 38, p. 1004-1008, 2003.

KIM, D. M.; SMITH, N. L.; LEE, C. Y. Quality of minimally processed apple slices from selected cultivars. **Journal of Food Science**, v. 58, p. 1115-1117, 1175, 1993.

KITINOJA, L.; GORNY, J. **Postharvest technology for small-scale marketers: economic opportunities, quality and food safety**. Davis, CA: University of California, Department of Pomology, Postharvest Technology Research Information Center, 1999.

LABUZA, T. P.; LILLEMO, J. H.; TAOUKIS, P. S. Inhibition of polyphenol oxidase by proteolytic enzymes. **Fruit Processing**, v. 2, p. 9-13, 1992.

LAURILA, E.; KERVINEN, R.; AHVENAINEN, R. The inhibition of enzymatic browning in minimally processed vegetables and fruits. **Postharvest News and Information**, Amsterdam, v. 9, n. 4, p. 53-66, 1998.

LUO, Y. **Enhanced control of enzymatic browning of apple slices by papain**. Thesis (PhD in Food Science) – Washington State University, Pullman, WA. 1992.

McCHUGH, T. H.; SENESI, E. Apple wraps: a novel method to improve the quality and extend the shelf life of fresh-cut apples. **Journal of Food Science**, v. 65, p. 480-485, 2000

MOON, K.-D.; DELAQUIS, P.; TOIVONEN, P.; STANICH, K. Effect of vanillin on the fate of *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli* O157:H7 in a model apple juice. **Food Microbiology**, v. 23, p. 169-174, 2006.

MORETTI, C. L. **Hortaliças minimamente processadas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 135 p.

OKANAGAN BIOTECHNOLOGY INC. **The non-browning apple**. Disponível em: <<http://www.okanaganbiotechnology.com/products.html>> Acesso em 27 ago. 2004.

SAPERS, G. M.; MILLER, R. L.; JANTSCHKE, M.; MATTRAZZO, A. M. Factors limiting the efficacy of hydrogen peroxide washes for decontamination of apples containing *Escherichia coli*. **Journal of Food Science**, v. 65, p. 529-532, 2000.

SAPERS, G. M.; MILLER, R. L.; MATTRAZZO. Effectiveness of sanitizing agents in inactivating *Escherichia coli* in 'Golden Delicious' apples. **Journal of Food Sciencenn**,v. 64, p. 734-737, 1999.

SAPERS, G. M.; PILIZOTA, V. Novel browning inhibitor formulation for fresh-cut apples. **Journal of Food Science**, v. 69, p. 140-143, 2004.

SONG, J.; LEEPIPATTANAWIT, R.; DENG, W.; BEAUDRY, R. M. Hexanal vapour is a natural, metabolizable fungicide: inhibition of fungal activity and enhancement of aroma biosynthesis in apple slices. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 121, p. 937-942, 1996.

TOIVONEN, P. M. A.; DELAQUIS, P.; CLIFF, M.; MOYLS, A. L.; BEVERIDGE, T. Factors involved in developing apple slices. In: WASHINGTON TREE FRUIT POSTHARVEST CONFERENCE, 2001. **Proceedings...**, 2001. Published on WSU-TFREC Postharvest Information Network at: <<http://postharvest.tfrec.wsu.edu/proc/PC2001S.pdf> >

TOIVONEN, P. M. A.; DELAQUIS, P.; CLIFF, M.; BEVERIDGE, T.; MOYLS, L. 2003. Development of apple quality standards for slicing and optimization of sanitation procedures. In: WASHINGTON TREE FRUIT RESEARCH COMMISSION: apple postharvest research review. Final Report, p. 119-128, 2003

WEISE, E. **Digging the baby carrot**. USA Today, August 11, 2004. Disponível em: <http://www.usatoday.com/life/lifestyle/2004-08-11-baby-carrot_x.htm>. Acesso em: 11 ago. 2004.

Agradecimento

O autor agradece ao Dr. Robert Saftner, do Laboratório de Qualidade e Segurança dos Produtos do USDA-ARS, Beltsville, Maryland, EUA, pelos seus comentários e sugestões.

Capítulo 13

Processamento mínimo de mamão

Bianca S. Souza
José F. Durigan

1. Introdução

O mamão é uma fruta da família *Caricaceae*, que compreende mais de vinte espécies do gênero *Carica*. A mais cultivada é a *C. papaya* L (NAKAZONE, 1978), que tem grande aceitação no mercado internacional e é cultivada principalmente nos trópicos.

A produção brasileira de mamão está baseada em dois grupos: o Formosa, que se destina principalmente ao mercado interno, e o Havaí, tanto para o mercado interno como para o externo (FRUTISÉRIES, 2000).

Mosca (1992) destaca a importância da conservação da qualidade na comercialização, pois a maior parte da produção de mamão é consumida *in natura*. Para a diminuição das perdas pós-colheita e a racionalização na distribuição e comercialização, é necessário conhecer o comportamento pós-colheita do fruto.

De acordo com Chitarra e Chitarra (1990), o mamão é um fruto climatérico, ou seja, amadurece mesmo depois de desligado da planta-mãe, o que leva ao aumento da atividade metabólica. O estágio de maturação é decisivo na vida pós-colheita do mamão. A maturação é totalmente prejudicada se o fruto for colhido precocemente. Mas se colhido muito maduro, sua vida de prateleira será muito pequena e as perdas, muito elevadas.

Segundo Bleinroth (1988), de modo geral, o ponto de colheita é determinado com base no número de dias decorridos entre a floração e o tamanho adequado, na coloração e na resistência do pedúnculo.

O ponto de colheita do mamão depende principalmente do tempo necessário ao transporte desde o campo até o local de consumo, da estação do ano e da finalidade da produção (mercado externo, interno ou indústria). Basicamente, a colheita é realizada quando ele começa a formar listras amareladas (MANICA, 1982).

O mamão tem polpa delicada e saborosa e suas características sensoriais (textura, cor e aroma), químicas (baixa acidez e bom equilíbrio entre açúcares e ácidos orgânicos) e digestivas tornam esta fruta um alimento ideal e saudável para pessoas de todas as idades. De maneira geral, ela é consumida *in natura*, mas sua industrialização permite o aproveitamento integral do fruto e a oferta de extensa gama de produtos e subprodutos, que podem ser usados pelas indústrias de alimentos, farmacêuticas e de ração para animais (HINOJOSA e MONTGOMERY, 1988).

O mamão 'Comum' e o 'Solo' contém, respectivamente, 10,63% e 13,75% de sólidos solúveis, 0,53% e 0,70% de proteína, 8,42% e 12,70% de açúcares totais, 0,12% e 0,15% de acidez total e 46,0 mg e 74,10 mg.100g⁻¹ de ácido ascórbico (MEDINA *et al.*,1980). Teores semelhantes de açúcares totais, acidez total e ácido ascórbico também são relatados por Salunkhe e Desai (1984).

Apesar de ser mais consumido *in natura*, o consumo de mamão é limitado pela inconveniência do descascamento complicado e da inadequação das embalagens existentes no mercado, dificultando o maior consumo dos frutos. O consumo poderia ser ampliado se comercializado em pedaços adequadamente embalados, o que permitiria o consumo nas mais diferentes ocasiões e a utilização nos mais diferentes serviços de alimentação.

Muitos fatores influenciam a qualidade das frutas pré-cortadas, como as condições de crescimento, as práticas culturais, a cultivar plantada, o ponto de colheita, os métodos usados na colheita e no manuseio, os padrões de inspeção, assim como a duração e as condições de armazenamento. O estágio de maturação na colheita é, portanto, fator crítico para a qualidade do produto final, que é o resultado da interação deste fator com a cultivar (ALVES *et al.*, 2000).

Paull e Chen (1997) estudaram o efeito do ponto de maturação e do processamento na fisiologia dos produtos minimamente processados e verificaram que frutas com 55% a 80% da casca amarela apresentaram melhores resultados para a produção do mamão em metades.

Oliveira Júnior *et al.* (2000) estudaram o efeito de diferentes temperaturas no armazenamento de produto minimamente processado de mamão 'Havai' e chegaram à indicação de 5°C.

Carvalho e Lima (2000) avaliaram o efeito de diferentes cortes durante o preparo e o armazenamento de produto minimamente processado de mamão 'Sunrise Solo' e encontraram melhores resultados para o produto sem casca, sem sementes e cortado em cubos.

O efeito do tamanho do pedaço e da temperatura de armazenamento na qualidade de mamão 'Formosa' minimamente processado foi estudado por Teixeira *et al.* (2001), que observaram os melhores resultados com o armazenamento a 3°C, por até sete dias.

Durigan (2000) defende que o controle microbiológico pode ser conseguido com a redução da contaminação inicial, higiene nas operações, limpeza do ambiente, higiene e sanidade dos empregados e higienização dos equipamentos, além de um eficiente programa de determinação dos pontos críticos e monitoramento dos perigos e riscos.

Sarzi *et al.* (2002b) verificaram que, com mamão 'Formosa' minimamente processado, o controle das condições higiênicas durante a produção foi bastante eficiente, pois não se detectou a presença de coliformes totais ou fecais durante o armazenamento por até catorze dias.

A demanda desses produtos depende de fatores que os tornem aceitáveis e atrativos, com a aparência de vegetal fresco, boa consistência e sem defeitos (CANTWELL, 1992).

Os processos preconizados por Sarzi *et al.* (2002a) para a produção de produtos minimamente processados (PMP) de mamão 'Formosa' permitem a conservação dos mesmos, com qualidade adequada para o consumo e a comercialização, por até dez dias.

Chitarra (1999) também relata que a mudança de coloração é um dos maiores problemas na preservação dos PMP e que a perda de firmeza decorre de modificações na estrutura e na composição da parede celular, pela ação de enzimas como as pectinases, celulasas e b-galactosidases. Também a perda de água por evaporação e exsudação promovem a dessecação superficial dos tecidos.

Em mamão minimamente processado, a formação de um tecido superficial resistente, devido à perda de umidade, fez com que os pedaços se tornassem mais firmes durante o período de armazenamento (SARZI *et al.*, 2002a).

O mamão 'Formosa' propicia boa produtividade de PMP, ou seja, de 88,1% em metades e de 66,2% em pedaços (SARZI *et al.*, 2001). Considerando o uso de 5% a 10% do mamão produzido no Brasil – cerca de 1,5 milhão de toneladas – no preparo de produtos minimamente processados, tem-se um mercado estimado em cerca de 75 mil a 150 mil toneladas.

2. Fluxograma e descrição das etapas do processamento mínimo de mamão

O fluxograma a seguir (Figura 1) mostra as principais etapas do processamento mínimo de mamão, e logo depois cada etapa é descrita detalhadamente.

2.1 Colheita e transporte

Os frutos de mamão devem ser colhidos no estágio maduro, com 50% a 75% da casca amarela, ainda firmes, ponto em que apresentam as melhores características para o consumo e para processamento (Figuras 2 e 3). Os frutos colhidos devem ser cuidadosamente transportados para a unidade de processamento, em no máximo seis horas.

2.2 Recepção

Assim como o transporte, a recepção deve ser cuidadosa, pois os frutos são bastante susceptíveis a lesões, que prejudicam a qualidade dos produtos. Por ocasião do recebimento, devem ser novamente selecionados, para tornar o lote bastante uniforme quanto ao grau de maturação e tamanho.

2.3 Lavagem e enxágüe

Os frutos selecionados devem ser lavados com detergente neutro biodegradável e água corrente, para a retirada de sujeira proveniente do campo.

Após a lavagem, os frutos devem ser imersos, por cinco minutos, em água fria (5°C) contendo 200 mg de cloro.L⁻¹, para a higienização e retirada de parte do calor de campo. Usar fonte de cloro autorizada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa).

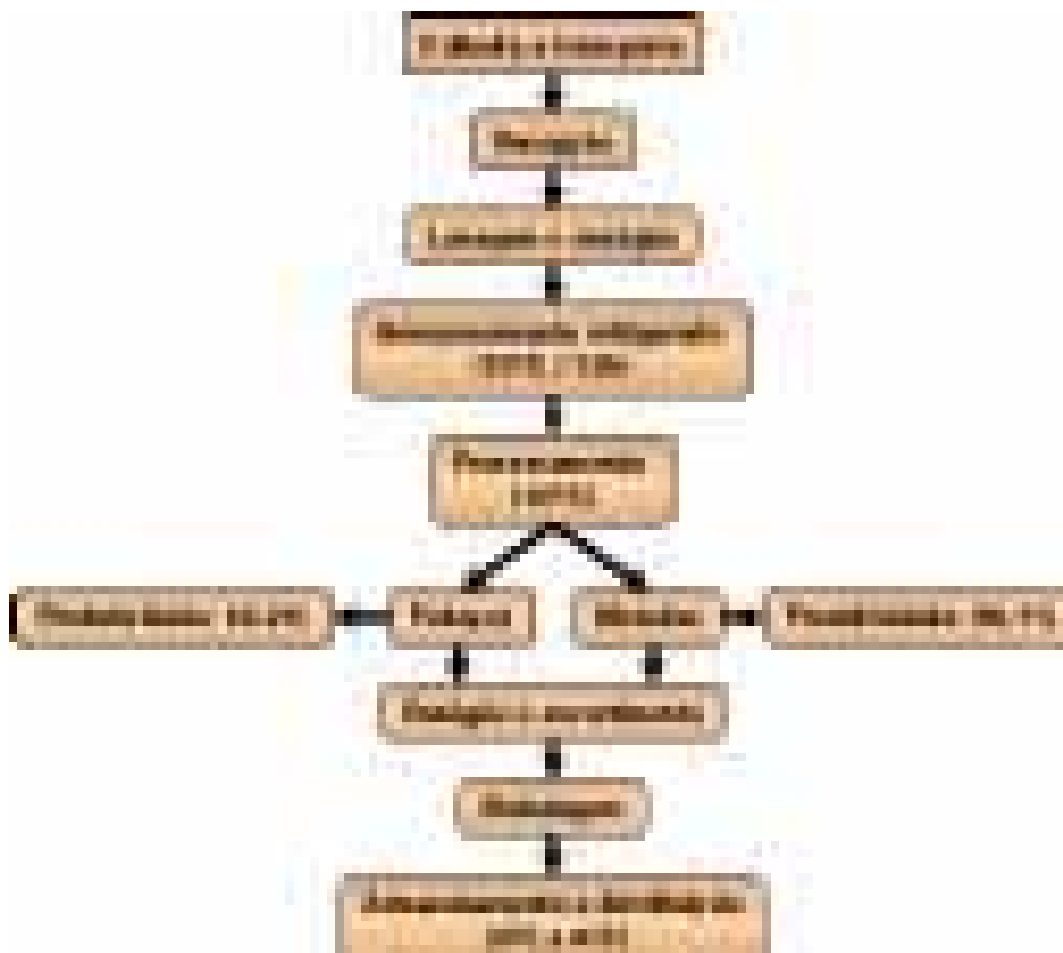


Figura 1. Fluxograma do processamento mínimo de mamão (SARZI, 2002).



Figuras 2 e 3. Ponto de colheita de mamão papaia 'Sunrise Solo' (E) e 'Formosa' (D). (Fotos: Bianca S. Sousa)

2.4 Armazenamento refrigerado

Os frutos devem ser mantidos em câmara fria previamente lavada e higienizada com solução de cloro a 200 mg.L^{-1} , pelo período de doze horas, a 10°C , para o abaixamento da temperatura e a conseqüente redução do metabolismo.

2.5 Processamento

O mamão deve ser processado a 10°C , com os utensílios (facas, baldes, escorredores etc.) previamente higienizados com solução de cloro a 200 mg.L^{-1} . Os operadores devem estar protegidos com luvas, aventais, gorros e máscaras, evitando ao máximo a contaminação do produto. Os frutos podem ser submetidos a vários tipos de preparo, com destaque para os cortes em metades longitudinais, em que as pontas e as sementes podem ou não ser eliminadas, ou em pedaços descascados de $5,0 \text{ cm} \times 2,5 \text{ cm}$ ou de $2,5 \text{ cm} \times 2,5 \text{ cm}$. (Figuras 4 e 5).



Figuras 4 e 5. Mamão cortado em metades (E) e em pedaços (D). (Fotos: Bianca S. Sousa)

O mamão papaia é mais processado na forma de metades, que, além de aumentar-lhe a conveniência, permite que o consumidor visualize o estágio de maturação de sua polpa. Os frutos provenientes da flor feminina deste tipo, cujo valor comercial é pequeno, também podem ser processados, com boa aceitação.

O mamão 'Formosa', pelo seu tamanho, é pouco conveniente. Uma boa alternativa para o seu processamento é o corte em pedaços. Frutos com formato inadequado ou parcialmente danificado também podem ser aproveitados. O mercado ainda não oferece equipamentos específicos para processamento de mamão.

2.6 Enxágüe e escorrimento

Os pedaços devem ser enxaguados com água clorada (20 mg de $\text{Cl}_2.\text{L}^{-1}$), para eliminar o suco celular extravasado, evitar o contato entre enzimas e substratos e dificultar o desenvolvimento de possíveis agentes contaminantes. Os pedaços enxaguados devem ser deixados a escorrer por dois a três minutos, para eliminar o excesso de umidade.

2.7 Embalagem

Podem ser usadas embalagens de plástico de tereftalato de polietileno (PET ou equivalentes), assim como bandejas de isopor recobertas com filme de cloreto de polivinila (PVC) esticável. Essas embalagens devem ser muito bem vedadas, para evitar contaminação.

2.8 Armazenamento e distribuição

Os produtos devem ser armazenados em condições refrigeradas, entre 3°C e 6°C. Esta temperatura deve ser mantida durante o transporte, o armazenamento e a comercialização. Deve-se evitar qualquer falha na cadeia de frio. Os pedaços de mamão podem aderir uns aos outros durante o armazenamento e o transporte. Isto pode ser resolvido com a aplicação de uma solução protetora de superfície (Figura 6).

Figura 6. Adesão entre pedaços de mamão 'Formosa'.
(Foto: Bianca S. Sousa)



Se em todo o processamento for mantida a baixa temperatura e forem adotados os procedimentos de higiene descritos, ter-se-á um produto de qualidade, comercializável e bom para o consumo, com segurança, por dez dias.

3. Referências bibliográficas

AGRIANUAL. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio. 2003. p. 378-386.

ALVES, R. E.; SOUZA FIHO, M. de S. M. de; BASTOS, M. S. R.; FILGUEIRAS, H. A. C.; BORGES, M. de F. Pesquisa em processamento mínimo de frutas no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa. **Palestras...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2000. p. 75-88.

BLEINROTH, E. W. Determinação do ponto de colheita dos frutos. In: BLEINROTH, E. W. **Tecnologia de pós-colheita de frutas tropicais**. Campinas: ITAL, 1988. p. 1-19.

CANTWELL, M. Postharvest handling systems: minimally processed fruits and vegetables. In: KADER, A. A. (Ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. Oakland: University of California, 1992. p. 277-281.

CARVALHO, A. V.; LIMA, L. C. O. Armazenamento pós-colheita de mamões (*Carica papaya* L.) cv. Sunrise Solo minimamente processados. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2000. p.17.

CHITARRA, M. I. F. Alterações bioquímicas do tecido vegetal com o processamento mínimo. In: SEMINÁRIO SOBRE HORTALIÇAS MINIMAMENTE PROCESSADAS, 1999, Piracicaba. **Palestra...** Piracicaba, SP: ESALQ-USP, 1999. 9 p. Apostila.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão, 1990. 293 p.

DURIGAN, J. F. O processamento mínimo de frutas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 16., 2000, Fortaleza. **Palestra...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2000. 12 p.

FRUTISÉRIES. **Mamão**. 7. ed. Brasília, 2000. 8 p.

HINOJOSA, R. L.; MONTGOMERY, M. W. Industrialização do mamão. Aspectos bioquímicos e tecnológicos da produção de purê asséptico. In: RUGGIERO, C. (Ed.) **Mamão**, Jaboticabal, SP, FCAV, 1988. p. 89-110.

MANICA, I. **Fruticultura tropical: 3. mamão**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1982. 255 p.

MEDINA, J. C.; SALOMÓN, E. A. G.; VIEIRA, L. F.; RENESTO, O. V.; FIGUEIREDO, N. M. S.; CANTO, W.L. **Mamão: da cultura ao processamento e comercialização**. Campinas: ITAL, 1980. 244 p. (Série Frutas Tropicais, 7).

MOSCA, J. L. **Conservação pós-colheita de frutos do mamoeiro, *Carica papaya* (L.), 'Improved Sunrise Solo Line 72/12', com utilização de filmes protetores e cera, associados à refrigeração**. 1992. 91 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP. 1992

NAKAZONE, H. Y. **The papaya: lectures series for fondo de desarrollo fruticola** Venezuela. Venezuela, 1978. 38 p.

OLIVEIRA JÚNIOR, L. F. G.; CORDEIRO, C. A. M.; CARLOS, L. A.; COELHO, E. M.; ARAÚJO, T. M. R. Avaliação da qualidade de mamão (*Carica papaya*) minimamente processado armazenado em diferentes temperaturas. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO DE FRUTAS E HORTALIÇAS,

2., 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2000. p. 16.

PAULL, R. E.; CHEN, W. Minimal processing of papaya (*Carica papaya* L.) and the physiology of halved fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 12, n. 1, p. 93-99, 1997.

SALUNKHE, D. K.; DESAI, B. B. **Postharvest biotechnology of fruits**. Boca Raton: CRC Press, 1984. v. 2, 194 p.

SARZI, B. **Conservação de abacaxi e mamão minimamente processados: associação entre o preparo, a embalagem e a temperatura de armazenamento**. 2002. 100 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, 2002.

SARZI, B.; DURIGAN, J. F.; LIMA, M. A.; MATTIUZ, B. Comportamento respiratório de mamão minimamente processado quando armazenado sob diferentes temperaturas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 8., 2001. Ilhéus. **Anais...** Ilhéus, BA, 2001. CD-ROM.

SARZI, B.; DURIGAN, J. F.; DONADON, J. R.; TEIXEIRA, G. H. A.; LIMA, M. A. Qualidade de produto minimamente processado de mamão 'Formosa' utilizando-se dois tipos de preparo e armazenamento sob diferentes temperaturas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 18., 2002. Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2002a. p. 2015-2018.

SARZI, B.; DURIGAN, J. F.; DONADON, J. R.; TEIXEIRA, G. H. A.; LIMA, M. A. Armazenamento de produto minimamente processado de mamão 'Formosa' em diferentes embalagens e a 3°C, 6°C e 9°C.. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002. Belém. **Anais...** Belém, 2002b. CD-ROM.

TEIXEIRA, G. H. A.; DURIGAN, J. F.; MATTIUZ, B.; ROSSI JUNIOR, O. D. Processamento mínimo de mamão 'Formosa'. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 47-50, 2001.

Capítulo 14

Processamento mínimo de manga

Juliana R. Donadon

Bianca S. Souza

José F. Durigan

1. Introdução

A manga (*Mangifera indica* L.) é uma espécie originária da Ásia, produzida nas regiões tropicais e subtropicais de todo o mundo (DONADIO, 1980). Sua comercialização é quase exclusivamente *in natura*.

As variedades de manga mais cultivadas no Brasil são as de origem norte-americana, que se destacam pela ausência de fibra, produtividade de polpa e resistência da casca ao transporte, como a 'Tommy Atkins', a 'Haden', a 'Van Dyke', a 'Keitt', a 'Parvin' e a 'Winter' (PIZZOL *et al.*, 1998).

Donadio (1980) ressalta que a manga tem excelente qualidade sensorial; quando madura, contém alto conteúdo de açúcares, que chega a 20%, resultante da transformação do amido acumulado durante o período de crescimento. O seu conteúdo de proteína é maior do que o encontrado na maioria de outros frutos, além de ser excelente fonte de vitaminas A e C e de sais minerais como cálcio e ferro.

O fruto da mangueira é classificado como climatérico, ou seja, completa o amadurecimento mesmo depois de colhido, em processo que geralmente leva de três a oito dias. Devem ser colhidos quando o seu desenvolvimento se completa, para que possam chegar ao mercado consumidor em bom estado de conservação e maturação (CUNHA *et al.*, 1994).

O ponto de colheita da manga está relacionado com o local onde a fruta vai ser comercializada ou industrializada. Quando este se situa próximo do pomar, as frutas são colhidas em estágio mais avançado de maturação; porém, quando muito distante, são colhidas "de vez", isto é, 1/3 maduras (CUNHA *et al.*, 1994).

O mercado mundial de manga e de seus subprodutos, em especial o de suco, é muito favorável, por causa da onda da alimentação saudável e do crescimento de renda da população nos países ricos. No mercado interno, o consumo da fruta fresca e do suco de manga também tem-se expandido, justificando o crescimento de sua produção, que é dos maiores dentre as frutíferas (AGRIANUAL, 2000).

Mangas maduras são pouco convenientes e requerem preparos especiais para o consumo, como a retirada da casca, separação da semente e fatiamento da polpa. Uma das maneiras de aumentar as suas possibilidades de comercialização é aumentar-lhe a conveniência durante o período de permanência no mercado, sem alteração na qualidade, por meio do processamento mínimo.

Segundo Watada *et al.* (1996), os produtos minimamente processados são altamente perecíveis e alguns problemas podem ser observados durante o armazenamento refrigerado de mangas processadas, como mudanças na coloração (DONADON *et al.*, 2000, RATTANAPANONE e WATADA, 2000) e redução nos teores de ácido ascórbico (DONADON *et al.*, 2002, ALLONG *et al.*, 2000).

Donadon (2001) produziu produtos minimamente processados de mangas 'Tommy Atkins', 'Keitt' e 'Parvin' maduras, com embalagem em copos ou em sacos de polietileno de baixa densidade e bandejas de tereftalato de polietileno, com boa qualidade, seguros quanto aos índices de contaminação e com vida útil de onze dias quando processaram frutas "verde" das cultivares anteriormente mencionadas. Allong *et al.* (2000) verificaram que a aceitabilidade e a qualidade sensorial de mangas minimamente processadas se deterioraram em dois dias, quando armazenadas a 5°C ou 10°C. A menor temperatura foi mais eficiente para retardar a deterioração e o crescimento microbiano.

Mangas 'Tommy Atkins', cortadas em cubos, mantiveram boa aparência e aroma por até cinco dias a 5°C. A associação de baixa temperatura com baixas concentrações de O₂ (0,5%, 1,0%, 2,0% e 4,0%) dentro da embalagem foi benéfica para aumentar a vida útil desses produtos, porque reduziu a taxa respiratória (RATTANAPANONE e WATADA, 2000). Gonzalez-Aguilar *et al.* (2000) também observaram redução no escurecimento de produto minimamente processado de manga armazenado a 10°C, quando usaram atmosfera modificada e agentes antioxidantes.

A produção de mangas minimamente processadas com conservação razoável é perfeitamente factível e permitiria a agregação de valor ao mercado de mangas frescas. O processamento mínimo de cerca de 5% da produção brasileira de manga implicaria a necessidade de estrutura para preparar e distribuir cerca de 50 mil a 85 mil toneladas de manga minimamente processada. Tal cenário propiciaria um incremento significativo de negócios em toda a cadeia de logística e distribuição de produtos minimamente processados, gerando renda e mais empregos.

2. Fluxograma e descrição das etapas do processamento mínimo de manga

O processamento mínimo de mangas envolve várias etapas, mostradas no fluxograma a seguir (Figura 1). Cada etapa é descrita detalhadamente logo depois.

2.1 Colheita, transporte e recepção

Mangas devem ser colhidas no ponto de maturação "de vez", apresentando ombros cheios, casca lisa com brilho e cor verde-amarelada. Os frutos devem ser uniformes quanto ao ponto de maturação, sem defeitos aparentes, com aroma característico e polpa firme. Imediatamente depois de colhidas, devem ser cuidadosamente transportadas para o local de processamento.

A observação do ponto de maturação adequado deve ser bastante atenta, pois frutas imaturas não possuem boa qualidade sensorial e as muito maduras possuem vida útil curta, porque se deterioram rapidamente. Mangas "estufadas", ou seja, em processo acelerado de maturação, pelo efeito de diferentes temperaturas, não têm qualidade organoléptica adequada, têm vida útil reduzida e, por essas razões, não são adequadas para o processamento mínimo. (Figuras 2 e 3).

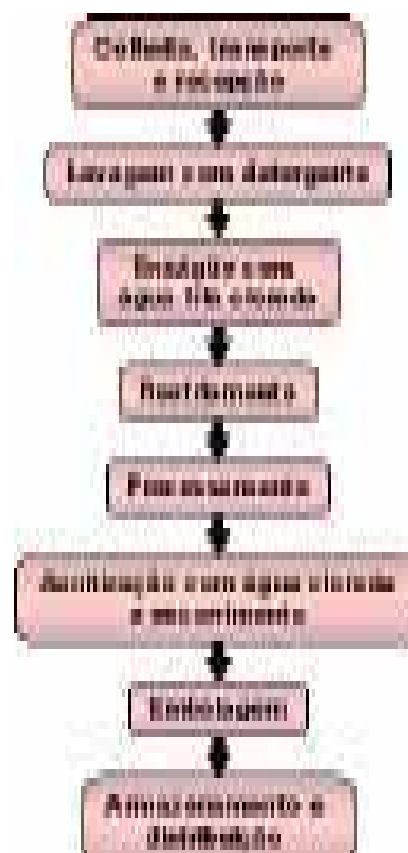


Figura 1. Fluxograma do processamento mínimo da manga (DONADON, 2001).



Figuras 2 e 3. Aparência de mangas 'Tommy Atkins' amadurecidas naturalmente (E) e amadurecidas em estufa (D). (Fotos: Bianca S. Sousa)

A colheita, o transporte e a recepção dos frutos devem ser cuidadosas, procurando sempre minimizar as injúrias e as contaminações, que têm influência decisiva na vida útil dos produtos. Os ferimentos aumentam a respiração e a produção de etileno, e as contaminações deterioram os frutos, reduzindo o frescor dos produtos processados.

2.2 Lavagem com detergente

Imediatamente após a recepção, os frutos devem ser imersos em tanque com água e detergente neutro (20 mL.L^{-1}), durante dois a três minutos, antes de serem limpos com esponja e abundantemente enxaguados com água limpa.

2.3 Enxágüe com água fria clorada

Depois de lavados, os frutos devem ser imersos em solução com hipoclorito de sódio a 200 mg.L^{-1} , à baixa temperatura (ao redor de 10°C), por cinco minutos, para reduzir a carga microbiana. Em seguida são deixados a escorrer, por três minutos, sob condições de ambiente.

2.4 Resfriamento

As mangas devem ser resfriadas antes do processamento, para minimizar possíveis injúrias, mantendo-as por uma noite em câmara fria a 10°C , previamente lavada e higienizada com solução de hipoclorito de sódio a 200 mg.L^{-1} (100 mL de hipoclorito de sódio a 2%).

2.5 Processamento

Mangas exigem processamento manual, que deve ser feito a 10°C , com os utensílios (facas, baldes, escorredores etc.) previamente higienizados com solução de cloro a 200 mg.L^{-1} . Os operadores devem estar protegidos com luvas, aventais, gorros e máscaras, para evitar ao máximo a contaminação dos produtos. Os frutos podem ser submetidos a vários tipos de preparo, com destaque para os descascados e cortados em cubos com 25 mm a 30 mm de aresta, ou fatias com 5 mm a 10 mm de espessura ou descascados e cortados em metades longitudinais (Figuras 4 a 7).

O processamento pode produzir alterações químicas, físicas e organolépticas, inclusive perda de vitaminas, mudança no sabor e coloração e escurecimento, provocadas por reações enzimáticas e não enzimáticas. Por este motivo, a escolha dos equipamentos e dos métodos de processamento é fundamental para a manutenção de suas características de qualidade.

O processamento manual é o único recomendado para mangas, pois ainda não há disponibilidade de equipamentos apropriados, o que tornaria o seu processamento mais eficiente.

2.6 Sanitização com água clorada e escorrimento

Os pedaços, antes de serem embalados, devem ser enxaguados em solução com cloro livre a 5 mL.L^{-1} , para eliminar o suco celular extravasado e desinfetá-los. O produto tratado deve ser escorrido por dois a três minutos. Deve-se usar fonte de cloro autorizada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) do Ministério da Saúde.



Figuras 4 a 7. Seqüência do processamento das mangas com descascamento manual (4), corte do fruto ao meio (5), fatiamento manual (6) e enxágüe (7). [Fotos: Juliana R. Donadon (4 e 5) e Bianca S. Souza (6 e 7).]

2.7 Embalagem

O material minimamente processado pode ser embalado em copos de plástico (250mL) de polietileno de baixa densidade (PEBD), com tampa; em sacos de plástico de PEBD tipo “ziploc”, com filmes de 0,03 mm e capacidade para 500 gramas; em bandejas de tereftalato de polietileno (PET), com tampa; ou em bandejas de isopor recobertas com filme de PVC (Figuras 8 a 11).

2.8 Armazenamento e distribuição

Os produtos devem ser armazenados, transportados e comercializados em ambiente refrigerado por até sete a nove dias. Sugere-se a temperatura de 3°C a 5°C, com cuidado para não quebrar a cadeia de frio, principalmente durante o varejo, quando devem ser usados expositores refrigerados.

Durante o armazenamento pode ocorrer escurecimento da polpa, tendo como consequência a redução da vida útil do produto (Figuras 12 e 13), que, com a aparência prejudicada, deixa de ser comercializável.

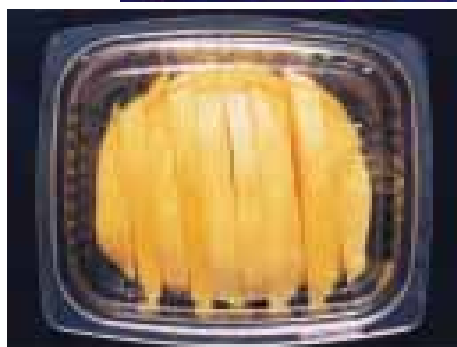
Frutos das variedades ‘Tommy Atkins’, ‘Parvin’ e ‘Keitt’ têm possibilitado bons resultados quando minimamente processadas, com produtividade de 23% – 55% em PMP e de 25% – 47% de resíduo de polpa (DONADON, 2001; SOUZA *et al.*, 2003). Faltam estudos em relação a outras variedades que possam ser potencialmente usadas no processamento mínimo.



8



9



10



11

Figuras 8 a 11. Aspecto geral de produtos minimamente processados de mangas 'Parvin', acondicionados em saco de plástico (8) e em copo de plástico (9), e de mangas 'Palmer', acondicionado em bandeja PET (10) e em bandeja de isopor recoberta com filme de PVC (11). (Fotos: Bianca S. Sousa)



Figuras 12 e 13. Produtos minimamente processados de manga 'Tommy Atkins' tratada com etileno (E) e amadurecida naturalmente (D). À esquerda (E), produto embalado em bandeja de isopor com filme de PVC, após treze dias de armazenamento. À direita (D), pontos de escurecimento em mangas 'Keitt' minimamente processadas, tratadas com etileno e embaladas em bandeja de isopor, no sétimo dia de armazenamento. (Fotos: Bianca S. Sousa)

Se durante o processamento for mantida a refrigeração sugerida e forem dispensados os cuidados de higiene recomendados, ter-se-á um produto de qualidade, adequado e seguro para o consumo, e comercializável por onze dias.

3. Referências bibliográficas

AGRIANUAL. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2000, p. 390-393.

ALLONG, R. D.; MOHAMMED, W.; MOHAMMED, M. The effect of cultivar, fruit ripeness, storage temperature and duration on quality of fresh-cut mango. **Acta Horticulturae**, n. 509, p. 487-494, 2000.

CUNHA, G. A. P. da; SAMPAIO, J. M. M.; NASCIMENTO, A. S. do; SANTOS FILHO, H. P.; MEDINA, V. M. **Manga para exportação**: aspectos técnicos da produção. Brasília: Embrapa-SPI, 1994.35 p. (Série Publicações Técnicas Frupex, 8).

DONADIO, L. C. **Cultura da mangueira**. Piracicaba, SP: Livroceres, 1980. 72 p.

DONADON, J. R.; DURIGAN, J. F.; LIMA, M. A.; Uso de mangas 'Tommy Atkins' na produção de produtos minimamente processados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 16., 2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2000. CD-ROM.


DONADON, J. R. **Produtos minimamente processados de mangas 'Tommy Atkins', 'Keitt' e 'Parvin'**. 2001. 67 f. Monografia (Trabalho de Graduação em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal, SP. 2001.

DONADON, J. R.; DURIGAN, J. F.; LIMA, M. A.; SARZI, B. Produtos minimamente processados de mangas 'Keitt' embalados em copos ou sacos plásticos e armazenados a 3°C. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 18., 2002. Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia, 2002. CD-ROM.

GONZALEZ-AGUILAR, G. A.; WANG, C. Y.; BUTA, J. G. Maintaining quality of fresh-cut mangoes using antibrowning agents and modified packaging. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, p. 4204-4208, 2000.

PIZZOL, S. J.; MARTINES FILHO, J. G.; SILVA, T. H. S.; GONÇALVES, G. O mercado da manga no Brasil: aspectos gerais. **Preços Agrícolas**, v. 12, n. 142, p. 34-35, 1998.

RATTANAPANONE, N.; WATADA, A. E. Respiration rate and respiratory quotient of fresh-cut mango (*Mangifera indica* L.) in low oxygen atmosphere. **Acta Horticulturae**, n. 509, p. 471-478, 2000.



SOUZA, B. S.; DURIGAN, J. F.; DONADON, J. R.; MIGUEL, A. C. A. Comportamento respiratório de produto minimamente processado da manga 'Keitt' amadurecida em estufa ou naturalmente. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE INTERAMERICANA DE HORTICULTURA TROPICAL, 47., 2003, Fortaleza. **Resumos...** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2003. p.181.

WATADA, A. E.; KO, N. P.; MINOTT, D. A. Factors affecting quality of fresh cut horticultural products. **Postharvest Biology and Technology**, v. 9, p. 115-125, 1996.

Capítulo 15

Processamento mínimo de frutas cítricas

Angelo P. Jacomino

Maria C. de Arruda

1. Introdução

O mercado de frutas minimamente processadas tem grande potencial de crescimento, tendo em vista a necessidade das pessoas de adquirir produtos frescos e convenientes. As pessoas são motivadas a consumir frutas porque fazem bem à saúde, têm valor nutricional elevado e sabor agradável. As frutas cítricas são bastante populares e contêm sais minerais, licopeno, vitamina C e fibras, entre outros constituintes, além de serem de baixa caloria.

O Brasil destaca-se como o maior produtor mundial de citros, com uma área de cultivo de aproximadamente um milhão de hectares e produção de aproximadamente vinte milhões de toneladas. Do total produzido, apenas 20% é destinado ao mercado de frutas *in natura*. Dentre as espécies mais cultivadas destacam-se as laranjas (*Citrus sinensis*), que representam aproximadamente 88% do total de citros produzido, seguidas pelas tangerinas (*Citrus reticulata* e híbridos), com aproximadamente 7%, e limões e limas, com cerca de 5%. Quantidades menores são produzidas de pomelos, cidras e outras (FAO, 2005; IBGE, 2005).

O descascamento é o fator limitante do consumo de frutas cítricas frescas, dada a inconveniência da operação, o cheiro dos óleos essenciais e a perda de suco. Essa limitação leva a um predominante consumo dessas frutas na forma de suco, especialmente no caso das laranjas.

As frutas cítricas possuem inúmeras características que favorecem o seu processamento, dentre as quais se destacam: são frutos não-climatéricos e bastante estáveis após a colheita; possuem baixo metabolismo, sem grandes conseqüências fisiológicas advindas do estresse do processamento; não apresentam problemas de escurecimento enzimático; a polpa possui pH baixo, o que restringe o desenvolvimento de bactérias patogênicas; e a parte suculenta está contida em vesículas, o que evita o extravasamento do suco.

Várias espécies e variedades de citros podem ser usadas para processamento mínimo. Dentre as laranjas, a variedade 'Pêra' destaca-se no mercado de frutas *in natura*, tanto pelo sabor suave quanto pelo fato de ser produzida praticamente o ano todo, sendo, portanto, uma boa opção para processamento. Quanto às tangerinas, todas as variedades e híbridos são consumidos *in natura* e têm potencial de comercialização na forma produto minimamente processado, mas apresentam como inconveniência o forte odor liberado pela casca durante o descascamento.

Destaque especial cabe ao tangor 'Murcott', que tem ótima aceitação no mercado para consumo *in natura*; porém sua casca é fina e muito aderida ao fruto, o que dificulta o seu descascamento. Trata-se de uma espécie que tem grande potencial de comercialização sob a forma de produto minimamente processado.

Em relação às limas, destaca-se a lima ácida 'Tahiti', que tem potencial para ser comercializada em bares e restaurantes no preparo de drinques. Outra

espécie, pouco consumida no Brasil, mas que tem grande aceitação em alguns países como os Estados Unidos e o Japão, é o “grape fruit”, cujos frutos são grandes e normalmente separados em gomos para o consumo.

As frutas cítricas minimamente processadas têm grande potencial de comercialização, tanto no mercado varejista quanto no mercado institucional. Acredita-se que laranjas e tangerinas descascadas terão grande aceitação nos restaurantes institucionais. Essas frutas são populares e de valor relativamente baixo, quando comparadas a outras frutas. A necessidade de descascamento é que restringe o seu consumo. O processamento mínimo contribuirá para o aumento do consumo *in natura* e proporcionará a especialização do mercado de frutas com um novo nicho de mercado. Além disso, o subproduto do processamento mínimo de frutas pode ser aproveitado para fins específicos.

2. Fluxograma e descrição das etapas do processamento mínimo de frutas cítricas

O fluxograma a seguir (Figura 1) mostra as principais etapas do processamento mínimo de frutas cítricas. Cada etapa é descrita detalhadamente logo depois.

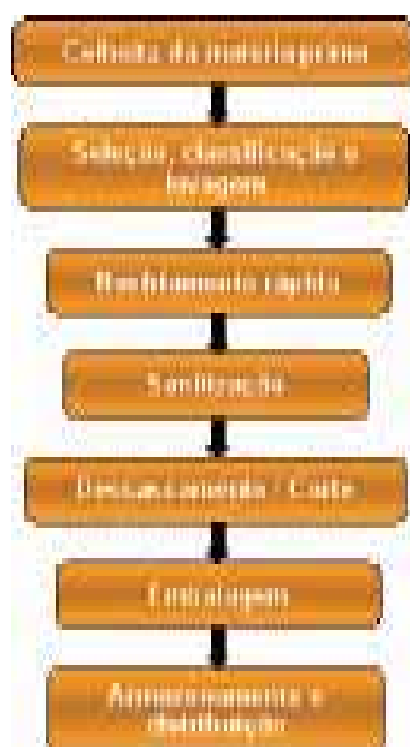


Figura 1. Fluxograma do processamento mínimo de frutas cítricas.

2.1 Colheita da matéria-prima

Os citros devem ser colhidos no estágio de maturação ideal para o consumo, pois são frutos não-climatéricos. O ponto de colheita deve ser definido com base no teor de sólidos solúveis e de acidez titulável, de acordo com a característica

de cada espécie. É muito importante que o lote de frutos a ser processado seja uniforme e esteja no estágio de maturação adequado, uma vez que o produto a ser apresentado ao consumidor estará livre da casca, cuja cor normalmente serve de parâmetro da qualidade interna. Sem essa referência, o consumidor precisará ter confiança no produto que lhe é oferecido. Se o produto não lhe satisfizer, ele não comprará novamente. É necessário, também, que a qualidade seja constante ao longo do tempo e, portanto, é imprescindível que o empresário disponha de fornecedores altamente qualificados e comprometidos com a qualidade final do produto.

Os frutos cítricos a serem processados não podem ter sido descartados de quaisquer outros processos. Frutos de tamanho pequeno ou com pequenos defeitos externos podem ser admitidos, desde que não haja comprometimento da qualidade interna e da qualidade microbiológica. Frutos originados de pomares com infestação de mosca-das-frutas e/ou bicho-furão não são recomendados para o processamento mínimo, uma vez que a seleção visual não é eficiente para o descarte de frutos infestados. Também devem ser evitados frutos de pomares com incidência de secamento dos frutos ou quaisquer outros distúrbios que afetem a qualidade interna dos mesmos.

A colheita dos frutos deve ser cuidadosa, de preferência com auxílio de tesoura de colheita, para evitar ferimentos na região do pedúnculo, uma vez que esses ferimentos podem favorecer o desenvolvimento de podridões em poucos dias. A colheita de tangerinas deve ser necessariamente com tesoura, pois a torção ou arrancamento pode retirar porção de casca do pedúnculo, o que ocasionará a entrada de água na região da columela central nas operações de lavagem e sanitização.

Os frutos destinados ao processamento mínimo devem ser manuseados e transportados cuidadosamente, para evitar amassamento ou qualquer tipo de injúria mecânica. Devem ser usadas caixas de plástico limpas e com superfície lisa, para evitar a contaminação por microrganismos e injúrias. Deve-se evitar a exposição dos frutos à alta temperatura e à radiação solar direta após a colheita.

2.2 Seleção, classificação e lavagem

Os frutos devem ser beneficiados no local convencionalmente usado para a seleção e classificação de frutos cítricos, tomando-se os devidos cuidados com relação à higiene do ambiente, dos equipamentos e dos operários. Lavar os frutos com detergente neutro e água clorada, em sistema provido de escovas e água corrente. Selecionar e retirar do lote frutos com defeitos, de tamanho inadequado ou com qualquer incidência de podridão. Classificar por tamanho, para facilitar as operações de processamento mínimo. Não há necessidade de aplicar revestimento nem fungicidas. Acondicionar em caixas de plástico devidamente higienizadas, da própria empresa de processamento mínimo. Transportar em ambiente protegido até a unidade de processamento.

2.3 Resfriamento rápido

A matéria-prima deve ser recebida no pátio externo da área de processamento, para evitar contaminação dos produtos já processados. Deve ser encaminhada o mais rápido possível para câmaras de refrigeração ou de resfriamento rápido, dependendo do fluxo de produto na empresa e da capacidade de refrigeração da câmara de armazenamento.

O resfriamento visa a eliminação do calor de campo dos frutos, reduzindo o seu metabolismo. Os frutos devem ser resfriados até que a polpa atinja 5°C no centro do fruto. Essa temperatura é ideal para os frutos destinados ao descascamento hidrotérmico (ver item 2.5), a fim de que a polpa se mantenha resfriada durante essa operação. Caso seja adotado outro sistema de descascamento, recomenda-se que os frutos sejam resfriados até temperaturas de 5°C a 10°C.

Os frutos resfriados podem ser armazenados por cerca de uma semana antes de serem processados. Os frutos cítricos toleram armazenamento prolongado, mas para processamento mínimo não é desejável que se utilizem frutos armazenados por períodos muito longos, pois isso pode prejudicar a durabilidade do produto. O pequeno processador pode adquirir os frutos lavados e classificados, armazenar e ir processando aos poucos, conforme a necessidade.

2.4 Sanitização

Os frutos resfriados devem ser sanitizados antes do processamento mínimo, com 200 mg.L⁻¹ de cloro ativo, por aproximadamente dez minutos. A temperatura da água de sanitização deve ser baixa, para evitar a troca de calor com o fruto resfriado e melhorar a ação antimicrobiana do sanitizante. Para frutos destinados ao descascamento hidrotérmico, o ideal é que a solução sanitizante esteja a 5°C, para que o fruto não ganhe calor. Em geral, recomenda-se que a temperatura da solução não ultrapasse 10°C.

Os sanitizantes mais adotados são à base de cloro (hipoclorito de sódio e dióxido de cloro). Os compostos clorados, em solução aquosa, liberam o ácido hipocloroso, que é o composto que possui ação antimicrobiana. A efetividade do cloro depende diretamente do pH da solução sanitizante e da concentração de cloro na forma ativa. O pH da solução sanitizante deve ser monitorado e ajustado a valores de aproximadamente 7,0. Em pH maior que 7,5, menos de 50% do cloro permanece na forma ativa (ácido hipocloroso).

2.5 Descascamento / Corte

A principal etapa do processamento mínimo de frutas cítricas é o descascamento, uma vez que, para qualquer forma de apresentação que venha a ser escolhida, é necessário que a fruta seja primeiramente descascada. Esta etapa é também a mais difícil de ser executada.

De forma geral, os citros podem ser descascados manualmente, mecanicamente ou enzimaticamente. O descascamento manual é bastante simples e rápido para as tangerinas em geral que têm a casca “solta”. No entanto, para tangor ‘Murcott’, que possui a casca bastante aderida, o descascamento é dificultado, assim como no caso das laranjas.

No caso do descascamento manual de tangerinas, há necessidade de cuidado especial para que não haja contaminação da fruta descascada com o óleo essencial, que é abundante na casca.

O descascamento mecânico é empregado em escala artesanal. Consiste em fixar a laranja num pequeno equipamento que permite girar a fruta, enquanto uma lâmina retira o flavedo na forma de uma tira contínua (JACOMINO *et al.*, 2005). Dessa forma, obtém-se a laranja inteira com o albedo. É necessário ajustar a profundidade de corte para evitar danos na membrana que reveste o hesperídeo. Ainda há necessidade de adaptação do equipamento para uso em escala comercial.

No descascamento enzimático, os frutos cítricos recebem pequenas incisões na casca e são imersos em solução enzimática. A enzima dissolve a pectina e a celulose do albedo e da região das membranas e segmentos, facilitando o descascamento e a segmentação. No entanto, citros descascados enzimaticamente apresentam elevada perda de suco e amolecimento, apesar da aparente integridade das membranas dos segmentos e de vesículas de suco. Tangores ‘Murcott’ descascados enzimaticamente apresentam perda de suco com o tempo de armazenamento (DONADON *et al.*, 2004) (Figura 2).

Figura 2. Porcentagem de suco drenado nas embalagens contendo tangores ‘Murcott’ descascados enzimaticamente e armazenados sob diferentes temperaturas (DONADON *et al.*, 2004).

Arruda *et al.* (2004), buscando alternativas para facilitar o descascamento de frutas cítricas, estudaram a influência do tratamento hidrotérmico na fisiologia, nas características físico-químicas e sensoriais de laranja ‘Pêra’ e no tempo de descascamento. As laranjas, resfriadas a 5°C, foram colocadas em água a 50°C por oito minutos e em seguida foram descascadas manualmente. Os autores concluíram que o tratamento hidrotérmico torna o tempo de descascamento 3,2 vezes menor

quando comparado com o descascamento convencional, sem esse tratamento (Figura 3). Verificaram também que esse tratamento não altera a fisiologia da laranja (Figura 4), nem a qualidade físico-química (Tabela 1) e nem o sabor. Além disso, os frutos submetidos ao tratamento hidrotérmico apresentam melhor aparência (Tabela 2), pois ficam com menores resquícios de albedo aderido ao hesperídio.

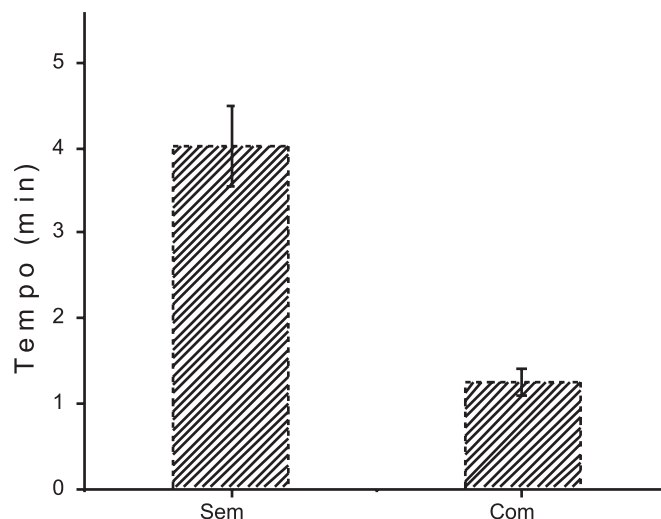


Figura 3. Tempo médio de descascamento de laranja 'Pêra' com ou sem tratamento hidrotérmico. Média de 40 frutos. (As barras verticais representam o desvio padrão da média.)

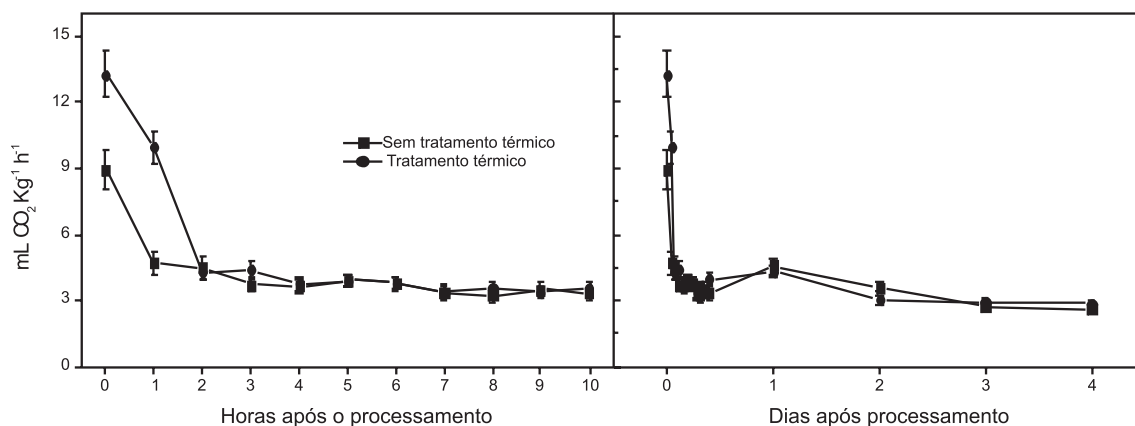


Figura 4. Taxa respiratória de laranja 'Pêra' descascada com ou sem tratamento hidrotérmico.

A técnica de tratamento hidrotérmico viabiliza o descascamento de laranjas sem aquecer o fruto. A temperatura interna do fruto dentro do tempo de tratamento proposto atinge no máximo 15°C. Os fatores que contribuem para o não aquecimento do fruto são o elevado teor de suco e a baixa temperatura inicial do fruto (5°C), além do que a casca da laranja forma uma proteção térmica que dificulta a transferência de calor, ao contrário de frutos com casca mais fina, como mamão e manga, que aquecem mais rapidamente.

Tabela 1. Características físico-químicas de laranja 'Pêra' descascada com e sem tratamento hidrotérmico, armazenada a 6°C.

^{NS} Médias não diferem estatisticamente entre frutos-controle e tratados termicamente em cada tempo de avaliação

Tabela 2. Notas de aparência externa de laranja 'Pêra' descascada com e sem tratamento hidrotérmico, armazenada a 6°C.

Tratamentos	Média	Aparência externa (Notas)				
		Ótima (5)	Boa (4)	Regular (3)	Ruim (2)	Péssima (2)
Controle	3,3 b	2	14	30	2	-
T. Térmico	4,3 a	16	29	3	-	-

(1): péssima, (2): ruim, (3): regular, (4): boa, (5): ótima

No entanto, ainda há necessidade de mais estudos, pois laranjas com espessura da casca muito grossa têm o descascamento dificultado no tempo de tratamento hidrotérmico estudado por Arruda *et al.* (2004). São necessários estudos para verificar se o aumento do tempo de tratamento facilita o descascamento sem alterar a qualidade dos frutos, assim como para avaliar essa técnica de descascamento em outras espécies e variedades de frutas cítricas, que possivelmente possuem características constitutivas distintas.

A necessidade de sanitização após o processamento deve ser mais estudada. Arruda *et al.* (2004) concluíram que, para a obtenção de laranjas inteiras sem albedo, não há necessidade de sanitização (dados não publicados), provavelmente porque não há extravasamento de exsudatos. Além disso, o molhamento da fruta após o descascamento leva à necessidade de inserir uma etapa de secagem no processo e prejudica o aspecto de frescor da fruta recém-descascada. Por outro lado, quando os frutos são reduzidos em porções menores, ocorre extravasamento de suco, e a operação de sanitização pode ser necessária.

2.6 Embalagem

Ainda não há técnica de atmosfera modificada definida para frutas cítricas. O acondicionamento dos frutos em bandejas de isopor revestidas por filme de

cloreto de polivinila (PVC) é uma boa opção. Porém, a alta permeabilidade do filme PVC, associada à baixa taxa respiratória dos frutos cítricos, não apresenta potencial para promover modificação da atmosfera e aumentar a vida útil do produto.

Estudos preliminares desenvolvidos no Laboratório de Pós-colheita de Produtos Hortícolas da ESALQ-USP mostraram que o uso de embalagem de polipropileno com injeção de 10% de CO₂ + 5% O₂, balanço N₂, retardou o aparecimento de fungos em laranjas com albedo armazenadas a 12°C. Os fungos foram detectados no sexto dia nas laranjas acondicionadas em PVC, enquanto as laranjas acondicionadas em polipropileno com injeção de gases apresentaram fungos somente no décimo segundo dia.

De acordo com Gorny (2001), a atmosfera gasosa de 14% a 21% de O₂ e 7% a 10% de CO₂, associada à temperatura de 0°C a 5°C, tem eficácia moderada na conservação de laranjas minimamente processadas.

Ahvenainen (1996) afirma que, se as condições de embalagem forem anaeróbicas, poderá ocorrer formação de etanol, aldeídos e cetonas. A influência da permeabilidade da embalagem na concentração de etanol foi verificada por Pretel *et al.* (1998), os quais observaram, após uma semana, aumento significativo na concentração de etanol em segmentos de laranja acondicionados em filme de alta barreira (TPO₂ = 75 cm³.m².dia⁻¹ e TPCO₂ = 375 cm³.m².dia⁻¹) e mantidos a 4°C. As concentrações de O₂ e CO₂ no interior da embalagem atingiram 2,5% e 25%, respectivamente.

Por outro lado, Rocha *et al.* (1995) observaram pouca modificação da atmosfera no interior das embalagens com laranja minimamente processada, armazenada a 4°C durante treze dias. Verificaram que a variação das concentrações de O₂ e CO₂ em relação à atmosfera normal foi menor que 1%.

Os resultados não satisfatórios obtidos por Pretel *et al.* (1998) e Rocha *et al.* (1995) indicam a necessidade da correta especificação da embalagem para frutas e hortaliças minimamente processadas. Sarantópoulos (1996) afirma que a especificação da embalagem correta deve ser feita com a otimização de parâmetros físicos, químicos, bioquímicos e ambientais, sendo, portanto, um problema complexo, cuja solução envolve testes experimentais.

Além da embalagem, o uso de revestimentos comestíveis é uma das formas de criar uma barreira semipermeável a gases e a vapor d'água, reduzindo assim a taxa respiratória e a perda de água e garantindo aumento do tempo de conservação dos produtos minimamente processados (BALDWIN *et al.*, 1995b). Os materiais mais usados na composição de revestimentos comestíveis são os lipídios (óleo ou cera de parafina, cera de abelhas, cera de carnaúba, óleo vegetal, óleo mineral etc.), polissacarídeos (celulose, pectina, amido, carragena etc.) e proteínas (caseína, gelatina, albumina de ovo etc.) (BALDWIN *et al.*, 1995a).

O uso de ceras micromulsionadas como revestimento comestível em gomos de “grape fruit” reduziu a perda de água nestes segmentos em 93%, uma semana após o processamento, e em 64%, quatro semanas após o processamento (BAKER e HAGENMAIER, 1997).

Moreira (2004) estudou o uso de revestimentos de parafina, gelatina e de concentrado de soro de leite em gomos de ‘Murcott’ e verificou que os revestimentos não apresentaram efeito positivo na conservação. No entanto, obteve um produto com boa aparência, com viabilidade de aplicação e que merece maiores estudos para explorar alternativas que o revestimento permite, como por exemplo o emprego de aditivos.

2.7 Armazenamento e distribuição

A logística de produção e distribuição deve ser muito bem planejada para que não seja necessário armazenar o produto minimamente processado. Quando necessário, o armazenamento temporário deve ser realizado em câmara fria. A distribuição deve ser realizada sempre em veículos refrigerados. A temperatura média indicada é de 5°C.

3. Formas de apresentação

Há inúmeras formas de apresentação para frutas cítricas minimamente processadas e que devem ser escolhidas em função da espécie e finalidade a que se destina. Para as tangerinas e seus híbridos, as formas mais interessantes são as frutas inteiras ou separadas em gomos. As laranjas podem ser comercializadas inteiras com ou sem o albedo, em pedaços, em rodela ou em gomos.

A laranja inteira com ou sem albedo é uma forma interessante de comercialização, tanto no mercado varejista como institucional. A laranja em pedaços ou rodela encontra mercado no preparo de saladas de frutas e na decoração de pratos. A limitação desta forma de apresentação é o extravasamento de suco e a fragilidade dos pedaços obtidos, levando a um curto período de conservação. A laranja em gomos é uma forma interessante de apresentação, porém sua obtenção é difícil, uma vez que os gomos são muito aderidos e a separação causa danos na estrutura dos mesmos, levando à perda de muito material.

4. Considerações finais

O baixo consumo de frutas cítricas minimamente processadas se deve às dificuldades de processamento e comercialização, que elevam o preço do produto final. O processamento ainda é bastante artesanal, refletindo a necessidade de avanços tecnológicos que levem ao aumento da escala de produção, pela automatização das etapas de processamento. Também há necessidade de desenvolvimento de técnicas que promovam maior tempo de conservação, o que reduziria as perdas, facilitaria a logística de comercialização e aumentaria a satisfação do consumidor.

Apesar das dificuldades encontradas, o mercado de frutas minimamente processadas encontra-se em franca expansão. O envolvimento de instituições de pesquisa, redes varejistas, produtores e consumidores ensejará a geração de novas técnicas, garantindo rentabilidade ao setor produtivo e satisfação aos consumidores.

5. Referências bibliográficas

AHVENAINEN, R. New approaches in improving the shelf-life of minimally processed fruit and vegetables. **Trends in Food Science & Technology**, v. 7, n. 6, p.179-187, 1996.

ARRUDA, M. C. de.; MOREIRA, R. C.; PINHEIRO, A. P.; LOCHOSKI, M. A.; JACOMINO, A. P. Tratamento térmico facilita descascamento de laranja 'Pêra' e não altera sua qualidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 18. Florianópolis, 2004. **Resumos...** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2004. CD-ROM.

BAKER, R. A.; HAGENMEIER, R. D. Reduction of fluid loss from grapefruit segments with wax microemulsion coatings. **Journal of Food Science**, v. 62, p.789-792, 1997.

BALDWIN, E. A.; NISPEROS-CARRIEDO, M. O.; BAKER, R. A. Use of edible coatings to preserve quality of lightly (and slightly) processed products. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 65, n. 6, p. 509-524, 1995b

BALDWIN, E. A.; NISPEROS-CARRIEDO, M. O.; BAKER, R. A. Edible coatings for lightly processed fruits and vegetables. **HortScience**, v. 30, n. 1, p. 35-38, 1995a.

DONADON, J. R.; DURIGAN, J. F.; SOUZA, B. S. de; SANCHES, J.; TEIXEIRA, G. H. A. Conservação de produto minimamente processado de tangerinas 'Murcote' In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 18. Florianópolis, 2004. **Resumo...** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2004. (Compact disc).

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. FAOSTAT. Disponível em: <<http://apps.fao.org>> Acesso em: dez. 2005.

GORNY, J. R. A. Summary of CA and MA recommendations for selected fresh-cut fruits. In: INTERNATIONAL CONTROLLED ATMOSPHERE RESEARCH CONFERENCE, 8. Amsterdam, 2001. **Proceedings...** Amsterdam: s/ed.; 2001.1 v.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: dez. 2005.

JACOMINO, A. P.; ARRUDA, M. C.; MOREIRA, R. C. Tecnologia de processamento mínimo de frutas cítricas. In: CONFERENCIA INTERNACIONAL DE CIENCIA Y

TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS, La Habana, 2005. Sonora: CYTED, 2005. p. 11-17.

MOREIRA, R. C. Processamento mínimo de tangor 'Murcott': caracterização fisiológica e recobrimentos comestíveis. 2004. 72 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz', Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2004.

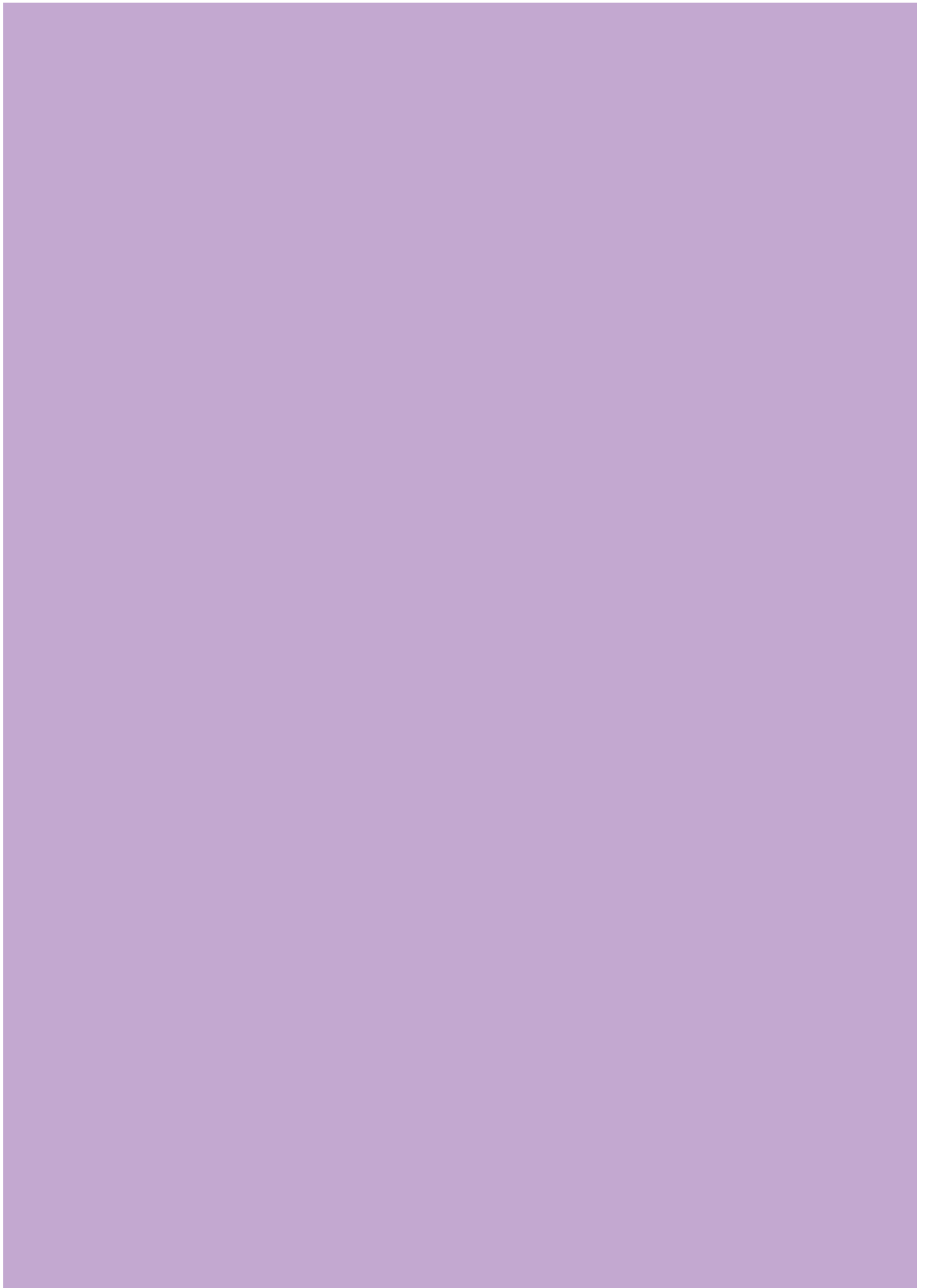
PRETEL, M. T.; FERNANDEZ, P. S.; ROMOJARO, F.; MARTINEZ, A. The effect of modified atmosphere packaging on 'ready-to-eat' oranges. **Lebensmittelwissenschaft und Technologie**, London, v. 31, p. 322-328, 1998.

ROCHA, A. M. C. N.; BROCHADO, C. M.; KIRBY, R.; MORAIS, A. M. M. B. Shelf-life of chilled cut orange determined by sensory quality. **Food Control**, v. 6, p. 317-322, 1995.

SARANTÓPOULOS, C. I. G. L. **Embalagens com atmosfera modificada**. 2.ed. Campinas: CETEA, ITAL, 1996. 114 p.

Parte III

Hortalças minimamente processadas



Capítulo 16

Processamento mínimo de alface

Maria I. F. Chitarra
Adimilson B. Chitarra

1. Introdução

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma planta da família Asteraceae, originária da Ásia. É uma hortaliça folhosa, com e sem formação de cabeça, de folhas lisas ou crespas, com coloração variando do verde-claro ao verde-escuro. Algumas cultivares têm pigmentação roxa nas bordas ou na folha como um todo. É a hortaliça mais consumida no Brasil, como componente básico de saladas, seja no uso doméstico ou comercial. O seu cultivo é um dos mais expressivos em importância econômica.

É uma planta herbácea, com caule diminuto, não ramificado, ao qual as folhas, relativamente grandes, se prendem. A fase vegetativa do seu ciclo encerra-se quando atinge o maior desenvolvimento das folhas, ponto no qual é colhida para o consumo. Os picos de produção ocorrem entre abril e dezembro. A produção é baixa entre janeiro e março, mas pode ser cultivada durante o ano todo pelo sistema de hidroponia, com elevada produtividade, excelente qualidade e menor contaminação por microorganismos.

A alface minimamente processada tem sido bem aceita pelo mercado consumidor (varejo ou institucional), comercializada sozinha ou em mistura com outras hortaliças para o preparo de saladas, sanduíches etc. É uma prática conveniente para o comerciante por agregar valor ao produto, por eliminar as partes não utilizáveis (talo e folhas externas), aumentando o valor comercial e reduzindo o preço do transporte.

O mercado varejista é composto principalmente por redes de supermercados, enquanto que o institucional compreende cozinhas industriais, hospitais, restaurantes, redes de lanchonetes, companhias de aviação, bufês etc. O mercado, seja institucional ou varejista, exige uniformidade na qualidade do produto e rigorosos padrões de higiene, pois a baixa qualidade afeta a confiança do consumidor e reduz o crescimento da demanda.

A matéria-prima destinada ao processamento mínimo deve ser sempre de primeira qualidade, com monitoramento na fase de produção (seleção de cultivares, tratamentos culturais etc.), na colheita (grau de maturação, condições de manuseio) e antes do processamento, por ocasião da seleção e da classificação. Do mesmo modo, é indispensável o uso de técnicas e de manuseio adequados nas etapas do processamento, com controle rigoroso da temperatura, da atmosfera da embalagem e das condições de higiene, não só do produto, mas, também, dos operários, dos equipamentos, dos implementos e das instalações da unidade de processamento.

Os produtos minimamente processados são mais perecíveis do que a matéria-prima fresca, em decorrência do corte e das demais operações de manuseio que traumatizam os tecidos, aumentando assim a respiração e a produção de etileno, o hormônio vegetal responsável pelo amadurecimento e envelhecimento dos tecidos. Ainda como consequência, há aumento nas taxas de outras reações

bioquímicas responsáveis por modificações na cor, odor, sabor, textura e valor nutritivo.

Na alface minimamente processada, um dos principais efeitos indesejáveis é a perda da cor verde e o amarelecimento ou escurecimento das bordas cortadas e das nervuras. Outro efeito é a perda da turgidez. Para reduzir o escurecimento da superfície cortada, das bordas e das folhas, é imprescindível o processamento e o armazenamento sob baixas temperaturas e o uso de atmosfera modificada em condições adequadas na embalagem.

Também ocorre aumento da população de microorganismos, que levam o produto a uma rápida deterioração e reduzem a segurança no seu uso. Recomenda-se o uso de cultivares mais resistentes ao ataque de microorganismos e ao processamento, para obter maior tempo de vida de prateleira. A qualidade e a vida útil variam não só em função da cultivar, mas, também, das condições de cultivo, da maturidade à colheita, de procedimentos no processamento e das condições de armazenamento, notadamente do controle da temperatura. Em todas as etapas, desde a colheita até a comercialização, devem ser observados os aspectos de higiene e sanificação e a manutenção da cadeia de frio. Um sistema de manuseio integrado confere melhor controle de qualidade e de segurança no uso da alface minimamente processada.

2. Fluxograma e descrição das etapas do processamento mínimo de alface

As etapas básicas do processamento mínimo de alface correspondem às operações que se iniciam no campo – colheita da matéria-prima, seleção e transporte para a central de processamento – e à recepção do produto, quando este é submetido à pesagem, nova seleção, classificação e posterior pré-lavagem e resfriamento rápido.

As operações seguintes (executadas em área limpa da unidade de processamento) compreendem a retirada do miolo, corte dos tecidos, lavagem, sanificação e enxágüe, seguidas de centrifugação, embalagem e armazenamento antes da distribuição e da comercialização. Na Figura 1 encontra-se o fluxograma básico de processamento mínimo da alface.

2.1 Colheita, seleção e transporte da matéria-prima

O grau de desenvolvimento da planta de alface para a colheita depende do tipo de alface e do propósito para o qual foi cultivada. Por exemplo, a alface de cabeça destinada à comercialização *in natura* ou ao processamento mínimo deve ser colhida após o completo desenvolvimento, com cabeça bem compactada. Para o uso doméstico, usualmente é colhida antes do completo desenvolvimento. Portanto, a maturidade ideal para a colheita baseia-se na compactação da cabeça, sendo o ponto ideal aquele no qual ocorre compressão sob pressão manual moderada. Quando muito macia, está imatura; e quando

muito firme, supermadura. As alfaces maduras ou imaturas são mais saborosas que as muito maduras.

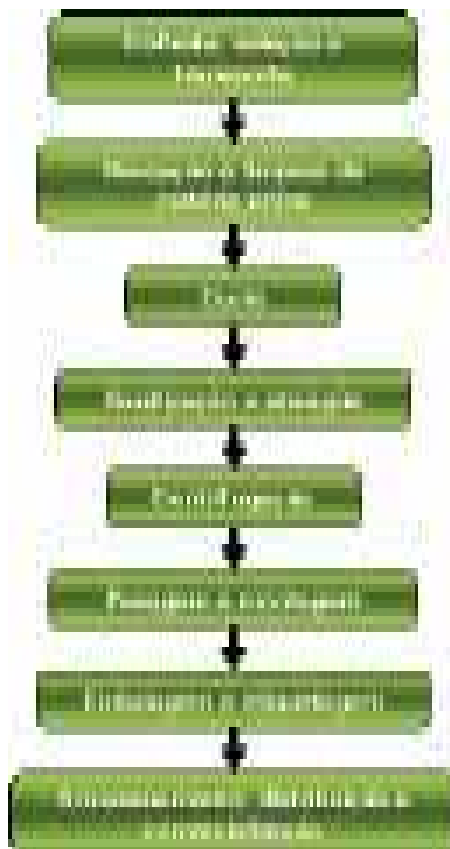


Figura 1. Fluxograma básico do processamento mínimo de alface.

A colheita de alface destinada ao processamento mínimo deve ser realizada observando-se as seguintes recomendações:

- Colher no estágio adequado de maturação.
- Colher nas horas mais frescas do dia (manhã ou noite).
- Evitar injúrias ao produto (quedas, abrasões, raladuras, cortes etc.).
- Remover e descartar as unidades que estiverem danificadas, sem padrão de qualidade comercial ou infectadas.
- Retirar as folhas mais externas (deixando algumas para proteção da cabeça).
- Retirar os insetos aparentes ainda no campo.
- Usar implementos limpos e/ou sanificados (instrumentos, equipamentos e recipientes).

- Remover o produto colhido o mais rapidamente possível do campo para local sombreado.
- Proceder ao resfriamento rápido, no campo ou no galpão de processamento.
- Acondicionar as plantas em caixas de plástico devidamente sanitizadas.
- Transportar rapidamente para o local de processamento.

A colheita é realizada com auxílio de faca longa e afiada para cortar a base do caule. As folhas externas devem ser imediatamente removidas na toailete preliminar, pois são uma fonte potencial de contaminação microbiana, em razão do seu contato direto com o solo.

A alface destinada ao processamento mínimo deve apresentar o menor índice possível de contaminação microbiana, além de ser rigorosamente submetida a uma sanitização adequada. Se o cultivo não for hidropônico, recomenda-se a sanitização sobre plásticos, para limitar o crescimento da microbiota usual ou a contaminação com outros microorganismos patogênicos.

Após a retirada das folhas externas, as demais devem ter coloração verde-claro brilhante, devem ser crocantes e túrgidas. Evitar a quebra das nervuras, comum na embalagem no campo, responsável pelo aumento do escurecimento e da suscetibilidade a doenças.

O ponto ideal de colheita varia entre cultivares; usualmente ocorre entre 60 e 70 dias após a semeadura, quando a cabeça encontra-se no seu desenvolvimento máximo, antes do início do pendoamento. Deve-se evitar estágio mais avançado de maturação, para que não ocorra o endurecimento das folhas e o desenvolvimento de sabor amargo, o que reduz o valor comercial do produto. No caso da alface americana, a colheita antecipada favorece o desmembramento das folhas. A colheita no tempo apropriado torna o produto menos suscetível ao ataque de microorganismos.

É imprescindível a redução do calor de campo e da transpiração excessiva da matéria-prima, para evitar a perda da turgidez. Para tal, recomenda-se que a colheita seja realizada nas horas mais frescas do dia, devendo-se colocar o produto colhido em local limpo, arejado e com baixa temperatura, sem contato direto com o solo.

Na seleção, devem ser eliminadas as cabeças e folhas com defeitos provenientes do ataque de pragas e de microorganismos, as folhas queimadas e descoloridas e as deformadas e sem coração.) Produtos afetados por pragas e doenças no campo podem ter boa aparência, mas se deterioram com maior rapidez.

O resfriamento rápido pode ser realizado ainda no campo, devendo-se atentar para a retirada dos insetos nas folhas, pois a simples imersão em água potável não é suficiente para a sua remoção. A higiene no campo, com a remoção e

destruição dos materiais infectados, tem efeito positivo na redução de doenças. Em nenhuma circunstância, o material rejeitado poderá permanecer no solo por longos períodos de tempo, porque pode tornar-se uma fonte adicional de contaminação para os produtos sadios. Do mesmo modo, a limpeza adequada dos utensílios e equipamentos usados na colheita e no manuseio da matéria-prima também é fundamental para a manutenção da boa qualidade. Os utensílios devem ter “design” adequado para facilitar a sua higienização.

Após o acondicionamento em caixas de plástico, estas devem ser transportadas o quanto antes para o local de processamento. Esse deslocamento deve ser realizado em horários de temperatura amena, em veículos limpos, bem ventilados, de preferência com cobertura. Usar veículo refrigerado se o transporte for por longas distâncias. Evitar batimentos, vibrações e choques para não danificar a matéria-prima.

2.2 Recepção e limpeza da matéria-prima

A recepção da matéria-prima ocorre na área “suja” da unidade de processamento, onde realizam-se a pesagem e nova seleção, descartando-se as unidades ou folhas impróprias para o processamento. A pesagem é para controlar, com anotações em formulário próprio, a quantidade e a produtividade da matéria-prima a ser processada. A seguir, faz-se a classificação quanto à cultivar, ao peso ou a outro atributo de qualidade, de acordo com as normas específicas de classificação da alface. A seleção por peso e tamanho propicia uniformidade e padronização ao produto final. Essas operações devem ser executadas por pessoas devidamente treinadas e podem ser realizadas manualmente ou mecanicamente, com auxílio de esteiras rolantes e de classificadores.

Faz-se a pré-lavagem também na área de recepção, mediante a imersão, por dez a quinze minutos, da matéria-prima em água potável refrigerada (temperatura < 5°C) contendo agente tensoativo apropriado para vegetais (detergente aniônico) a 1%. A água deve ser agitada.

A lavagem remove boa parte das bactérias superficiais das folhas, mas há microorganismos que permanecem nas cavidades, na junção das células epidérmicas e nas dobras da epiderme. O detergente auxilia a remoção de impureza aderida à matéria-prima ou presente na água e deve ser usado de acordo com as recomendações dos fabricantes.

O resfriamento rápido ocorre simultaneamente com a pré-lavagem. Pode ser realizado por aspersão de água sobre o produto ou por imersão do produto em tanque. A imersão é mais eficiente com a agitação da água, que ajuda a eliminar a impureza e a reduzir de forma mais efetiva a contaminação microbiana.

Produtos altamente perecíveis como as hortaliças folhosas devem ser pré-resfriados o mais rapidamente possível após a colheita, para a remoção rápida do calor vital e do campo, de forma a reduzir a atividade metabólica dos tecidos e a

conseqüente deterioração. O resfriamento rápido com água é o método mais usual, por ser econômico, eficaz e simples.

Podem ser usados equipamentos para a refrigeração de água dotados de serpentina, em que o gás refrigerante é expandido (evaporador) com acúmulo de gelo na serpentina, o que resfria a água circulante. Há risco de contaminação cruzada nesse sistema, sendo aconselhável o uso de desinfetantes suaves como o cloro ou compostos fenólicos aprovados legalmente. Esses produtos reduzem o acúmulo de bactérias e esporos de fungos, mas não eliminam as infecções já presentes no produto e/ou na água.

Se a alface pré-resfriada for armazenada úmida, há aumento da incidência de podridões. O equipamento empregado para o resfriamento rápido deve ser drenado (esvaziado) e limpo diariamente. Quando a alface chega à recepção, mas não vai ser imediatamente processada, deve ser conservada em câmara fria.

As operações que se seguem são realizadas na área limpa da unidade de processamento, em ambiente com temperatura entre 10°C e 12°C. O corte, a lavagem e a centrifugação devem ser executados em curto espaço de tempo, não excedendo trinta minutos.

2.3 Corte

Antes do corte propriamente dito, realizam-se as aparas e a retirada do miolo. O corte das folhas causa danos aos tecidos, aumentando a respiração e, portanto, tornando-os mais suscetíveis às deteriorações. Também ocorre liberação da seiva celular (mistura dos componentes celulares), com início de reações enzimáticas indesejáveis. Dessa forma, é imprescindível a manutenção dos produtos cortados sob refrigeração (< 5°C), imediatamente após o corte.

O corte pode ser realizado manualmente ou com o auxílio de centrífugas de alta velocidade com lâminas de corte no sentido horizontal ou vertical. Esses equipamentos, de acordo com o tipo, fatiam, picam e retalham em tiras. O tamanho dos pedaços ou tiras é definido com o tipo de produto e com o ajuste das lâminas.

No processamento comercial de alface, o corte é feito com facas rotatórias afiadas, feitas de aço inoxidável, que fatiam as folhas no tamanho desejado. Outros métodos de corte foram testados, tais como o corte com a faca d'água ou com raio laser, mas não foram práticos. Em geral, recomenda-se retirar antes o miolo e depois cortar o produto em pedaços ou fatias na dimensão desejada.

A estabilidade da alface é afetada pela maneira como é cortada. O uso de lâminas ou facas de aço inoxidável bem afiadas pode duplicar o seu tempo de vida útil, se comparado ao uso de facas cegas, porque reduz os danos aos tecidos. O processamento de folhas inteiras ou o fatiamento em pedaços maiores aumentam a vida útil em comparação com o corte em pedaços menores, pelo

A eficiência do agente sanificante depende de fatores tais como: concentração do sanificante e tempo de exposição do produto ao mesmo, temperatura e pH da solução e tipos de microorganismos presentes.

A atividade germicida do cloro diminui com a sua concentração na água e cerca de 20% dele pode combinar-se com resíduos orgânicos, restando apenas 80% na forma disponível para atuar sobre os microorganismos. Assim sendo, as soluções devem ser preparadas de acordo com as recomendações, não esquecendo que o cloro em excesso causa descoloração no produto e corrosão nos equipamentos.

Deve-se monitorar com freqüência o pH e o teor de cloro disponível da solução. Em soluções com pH superior a 7,5, há redução da atividade germicida do sanificante. A atividade e estabilidade da solução são mais adequadas na faixa de pH entre 6,0 e 7,5. O monitoramento da concentração de cloro disponível e do pH da solução pode ser realizado com "kits" colorimétricos ou automaticamente. A cloração automática é mais eficiente, por fazer o monitoramento contínuo do sanificante, apresentando sensibilidade elevada e respostas rápidas às variações na concentração.

A oxidação incompleta de materiais inorgânicos pelo cloro pode gerar produtos tóxicos indesejáveis como o clorofórmio (CHCl_3) ou outros trihalometanos com potencial carcinogênico. Em pH elevado, ocorre reação do cloro com o nitrogênio orgânico, formando cloraminas (BRECHT, 1995).

Após a sanificação, realiza-se o enxágüe por aspersão ou imersão do produto em água potável, com 3 ppm a 5 ppm de cloro disponível. O enxágüe retira o excesso de cloro. Nesta etapa, podem-se adicionar aditivos químicos como o cloreto de cálcio na água (solução final a 1%) para auxiliar na manutenção da turgidez e na redução do escurecimento dos tecidos. O excesso de água deve ser removido, para a melhor conservação do produto.

2.5 Centrifugação

A remoção da água de enxágüe pode ser por centrifugação, por meio de esteiras ou peneiras vibratórias, por fluxo de ar ou por absorvedoras de água. Comercialmente, emprega-se a centrifugação. Neste processo, é importante considerar a velocidade de rotação (força centrífuga) e o tempo de centrifugação, pois quanto mais rápida a rotação, menor o tempo.

O tempo e a velocidade da centrifugação são estabelecidos em função de fatores como diâmetro do cesto da centrífuga, força centrífuga relativa aplicada (g), massa e tipo de produtos a serem centrifugados. Devem ser realizados pré-testes para otimizar as condições de centrifugação, de acordo com o tipo de alface que está sendo processado. Para a alface americana, o tempo de centrifugação varia de um a dois minutos, com velocidade de centrifugação entre 590 rpm e 750 rpm (DAREZZO, 2000). Pré-testes de centrifugação de alface

hidropônica de folha lisa cv. Regina, com velocidade de 2.800 rpm por dois minutos, causaram danos físicos aparentes ao produto. As condições adequadas foram conseguidas com 1.500 rpm por um minuto (FREIRE JÚNIOR, 1999).

Tempo muito prolongado de centrifugação (acima de dois minutos), de acordo com a velocidade da centrífuga, pode causar o ressecamento excessivo da superfície do produto, com perda de qualidade. Perda de 3% de água já é suficiente para tornar o produto impróprio para a comercialização, no caso da alface fresca. A centrifugação por tempo excessivo também remove lentamente os fluidos celulares, causando perda de massa e dessecação dos tecidos, com prejuízo para a aparência. Quanto menor a largura das tiras das folhas ou o tamanho dos pedaços, maior é a dessecação.

É aconselhável dispor o produto cortado em sacos de náilon adequadamente sanitizados e fechados com zíper, antes de introduzi-lo na centrífuga, para evitar a sua aderência ao cesto da centrífuga, o que impediria a remoção adequada da água. Após a secagem, faz-se nova seleção para a retirada de material não padronizado.

2.6 Pesagem e montagem

O recinto para a pesagem e a montagem do produto na embalagem é o mais crítico da cadeia de processamento, devendo ter o máximo de higiene e assepsia. Recomenda-se filtrar o ar do ambiente, manter a temperatura do ar entre 10°C e 12°C e a umidade relativa entre 60% e 70%. Os operários devem estar especialmente treinados e uniformizados, de acordo com as Boas Práticas de Fabricação (BPF).

A mistura e a montagem de saladas prontas são operações realizadas para a obtenção de produtos combinados, com diferentes espécies de hortaliças minimamente processadas, visando a produção de saladas ou de refeições prontas para consumo. A mistura deve ser homogênea, com ótima aparência, formada e montada com baixo custo.

Para a pesagem, recomenda-se balança digital com capacidade para até cinco quilos. Para o mercado institucional, o peso da embalagem da alface e de outras hortaliças folhosas que são muito suscetíveis a injúrias deve ser de no máximo três quilos. Para o varejo, são adotadas embalagens de 200 gramas a 300 gramas de alface.

2.7 Embalagem e etiquetagem

A embalagem da alface minimamente processada pode ser de diferentes materiais, como filmes poliméricos diversos, contentores semi-rígidos ou ambos. Deve ser selecionada de acordo com a atividade respiratória do produto. A redução da concentração de oxigênio e o aumento da concentração de dióxido de carbono (respeitando-se os limites que causam danos fisiológicos ao produto), no ambiente

da embalagem, são recomendadas com o objetivo de reduzir a respiração e, conseqüentemente, a atividade metabólica, mantendo a qualidade e aumentando a vida útil do produto.

O produto minimamente processado pode ser embalado com vácuo parcial ou com atmosfera modificada (MAP) passiva ou ativa. Com a MAP podem ser usadas diferentes misturas gasosas (O_2 , CO_2 , CO , N_2) em diferentes proporções. Os sistemas se estabilizam rapidamente.

A embalagem mais usual para alface minimamente processada é o saco de polietileno de baixa densidade (PEBD), que pode estar associado ou não a outros polímeros, com diferentes graus de permeabilidade, espessura e grau de orientação.

Alguns filmes poliméricos usados em experimentos com diferentes cultivares de alface apresentam bons resultados quando a taxa de transmissão a gases é elevada. De acordo com McDonald *et al.* (1990), a transmissão com O_2 deve ser superior a $3.000 \text{ mL.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}.\text{atm}^{-1}$. Usualmente a taxa da transmissão com CO_2 é três a cinco vezes maior que a do O_2 . Filmes com diferentes características são apresentados na tabela 1.

Tabela 1. Características de permeabilidade de filmes termoplásticos com potencial de uso para produtos minimamente processados. (Adaptado de Wiley, 1994, e de FDA, 2001)

a – valores expressos em $\text{cm}^3.\text{m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ a 1 atm de pressão por filme de 0,0254 mm de espessura a 22°C – 25°C e diferentes UR.

b – valores expressos em $\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ a $37,8^\circ\text{C}$ e 90% UR.

c – não recomendado para produtos frescos ou minimamente processados. Usado apenas como referência de filme com baixíssima permeabilidade a gases.

Os filmes possuem especificações variadas quanto à espessura, permeabilidade a gases e ao vapor d'água, o que acarreta variações na vida de prateleira de alface minimamente processada de sete a catorze dias sob temperatura de 2°C a 5°C. Como exemplos são citados os seguintes:

POPP/PEBD (polipropileno biorientado/polietileno de baixa densidade)

Espessura = 64 micrômetros.

Permeabilidade ao oxigênio = 1.500 mL.m⁻².dia⁻¹.atm⁻¹.

Permeabilidade ao dióxido de carbono = 4.500 mL.m⁻².dia⁻¹.atm⁻¹.

Permeabilidade ao vapor d'água = 3,0 g.m⁻².dia⁻¹ a 4,5 g.m⁻².dia⁻¹.

Vida de prateleira (cv. Regina) = 7 dias a 2°C.

Observação: não há comprometimento das características de qualidade (físicas, físico-químicas, químicas, bioquímicas) e sensoriais, nem crescimento de bactérias patogênicas e/ou deteriorantes (FREIRE JÚNIOR, 1999).

PD – 961 (Cryovac)

Espessura = não citada.

Permeabilidade ao oxigênio = 8.000 mL.m⁻².dia⁻¹.atm⁻¹.

Permeabilidade ao dióxido de carbono = 19.000 mL.m⁻².dia⁻¹.atm⁻¹ a 22.000 mL.m⁻².dia⁻¹.atm⁻¹.

Vida de prateleira (híbrido picado) = 7 dias a 4°C.

Observação: a embalagem PD 961 atinge atmosfera de equilíbrio com 5% a 6% de CO₂ e 2% a 3% de O₂, que favorecem a conservação da alface picada por até sete dias. O uso de ácido ascórbico não apresentou melhora na qualidade sensorial, que foi aceitável por até duas semanas, possivelmente pelo baixo nível de CO₂ no interior da embalagem (5% a 6%) (BERGER *et al.*, 1997).

PEBD multicamada linear

Espessura = 25 micrômetros.

Permeabilidade ao oxigênio = 8.000 mL.m⁻².dia⁻¹.atm⁻¹.

Vida de prateleira (cv. Salinas, crespa, cortada) = 14 dias a 1°C e 5°C (McDONALD *et al.*, 1990).

PEBD multicamada linear

Espessura = 63 mm.

Permeabilidade do O₂ = 3.000 mL.m⁻².dia⁻¹.atm⁻¹.

Vida de prateleira (cv. Salinas, crespa, cortada) = 14 dias a 1°C e a 5°C.

Observação: o produto apresenta características de aparência e "flavor" aceitáveis por catorze dias, mas conserva-se melhor na embalagem mais permeável (> 3.000 mL.m⁻².dia⁻¹.atm⁻¹ a 1°C). A atmosfera de equilíbrio ocorre aos sete dias. As taxas de O₂ variam entre 2% e 15% e as de CO₂ permanecem inferiores a 20% (McDONALD *et al.*, 1990).

Em resumo, as condições ideais de atmosfera modificada e de temperatura para a alface minimamente processada são:

- Concentração de oxigênio: 1% a 3,0%.
- Concentração de dióxido de carbono: 5% a 10% (às vezes superior, para algumas cultivares).
- Temperatura: 0°C a 5°C.
- Benefício: redução do escurecimento.
- Potencial de uso: bom.
- Nível de injúria: $O_2 < 1\%$; $CO_2 > 10\%$

Os filmes com baixa permeabilidade não são adotados porque usualmente promovem anaerobiose, notadamente quando os níveis de O_2 são iguais ou inferiores a 1%. A concentração recomendada de O_2 no interior da embalagem deve estar próxima a 3%, para evitar o escurecimento dos tecidos, enquanto que o CO_2 pode atingir até 15%, de acordo com o tipo de alface.

Os filmes podem ser destinados a equipamentos automáticos (“form-fill-seal”) verticais ou horizontais ou ser fornecidos como sacos para enchimento manual ou automático, com termosselagem. Alguns podem apresentar característica antiembaçante (“antifog”). Neste caso, a superfície do filme de polietileno é modificada com uma resina que impede, pela presença de cargas eletrostáticas, o embaçamento pelo vapor d’água.

A escolha da embalagem apropriada para cada produto minimamente processado exige o conhecimento prévio das características do produto (taxa de respiração, produção de etileno etc.). Do mesmo modo, a permeabilidade a gases para cada tipo de filme polimérico é determinada pela quantidade e espessura do material e do método de processamento. Portanto, a escolha da embalagem requer a otimização dos fatores físicos, químicos e ambientais.

A embalagem de produtos minimamente processados deve conter informações ao consumidor no rótulo, sendo as mais usuais: tipo de produto; data de produção; tempo de validade (melhor consumir até...); instruções de armazenamento (temperatura ótima); instruções de preparo e qualidade nutricional. Uma embalagem bem apresentada, atrativa e com identificação adequada, embora possa ser mais onerosa, é imprescindível para o sucesso da comercialização.

2.8 Armazenamento, distribuição e comercialização

Enquanto não se faz a distribuição, o produto minimamente processado deve ser imediatamente armazenado em câmara frigorífica sob temperatura entre

1°C e 2°C. A distribuição deve ser realizada em veículos refrigerados com temperatura de no máximo 5°C, devendo-se reduzir ao mínimo o tempo entre o carregamento e a descarga no local de destino.

Deve-se fazer o controle de qualidade em todas as etapas da cadeia produtiva, desde a produção da matéria-prima ao ponto de venda do produto processado.

A comercialização no varejo exige monitoramento constante das condições de armazenamento e da rotatividade do produto. Para a manutenção da qualidade durante a distribuição devem-se observar os seguintes procedimentos:

- Minimizar a frequência de manuseio, usando grandes volumes ou unidades de carga.
- Concentrar o produto para minimizar o volume de material a ser movido.
- Realizar operação contínua e, se possível, mecanizada, com as unidades de carga no tamanho apropriado para facilitar a mecanização do processo.
- Usar cargas paletizadas, com boa imobilização e carregamento mecânico, que reduzem o tempo de operação e o trabalho.
- Evitar flutuações da temperatura, vibrações no transporte e contaminação microbiana no manuseio. Controlar continuamente a temperatura durante o armazenamento e o transporte, transferindo imediatamente a carga do veículo para o ambiente refrigerado do local de venda.
- Não desligar o sistema de refrigeração em nenhuma hipótese.
- Adotar espaço de tempo curto para a rotatividade do produto, respeitando sempre os prazos de validade.

O processador deve dispor de estoque do produto para assegurar regularidade na entrega, no tempo certo e na quantidade solicitada pelo cliente. A entrega do produto deve ser rápida após o pedido, em no máximo 36 horas.

A vida de prateleira ou vida útil do produto corresponde ao espaço de tempo no qual há manutenção da qualidade (aparência, cor, textura, aroma, valor nutritivo e segurança no uso) em níveis aceitáveis para o consumo. Tem como principais fatores de influência:

- Fisiologia da cultivar.
- Qualidade inicial da matéria-prima.
- Qualidade do processo utilizado.

- Qualidade da embalagem.
- Microbiota presente no produto.
- Cadeia do frio (temperatura durante todo o sistema de produção, transporte, armazenamento e comercialização).

Os principais fatores responsáveis pelo aumento da vida útil de qualquer produto minimamente processado são: a colheita cuidadosa, evitando-se injúrias físicas; a seleção da maturidade horticultural; e boas práticas de higienização (limpeza e sanificação). É igualmente importante a manutenção da cadeia de frio em todas as etapas do processo e de atmosferas adequadas na embalagem. Atendidas essas condições, a vida de prateleira da alface minimamente processada pode ser prolongada por duas a três semanas.

No Brasil, entretanto, a vida de prateleira de alface, como de outros produtos minimamente processados, é curta, de apenas quatro a seis dias. Esta limitação é atribuída à forma empírica de elaboração da maioria dos produtos ou ao uso de técnicas desenvolvidas em outros países e adquiridas ou adaptadas pelos próprios processadores (SIGRIST, 2003).

Não há um método para se prever a vida útil da alface minimamente processada, o que poderia reduzir as perdas decorrentes de danos no transporte, armazenamento e comercialização. A atividade da fenilalanina amônia liase (PAL) induzida pelo etileno tem sido sugerida como índice (COUTURE *et al.*, 1993). Também a perda de ácido ascórbico tem sido considerada como índice de deterioração oxidativa em produtos minimamente processados (BARRY-RYAN e O'BEIRNE, 1999).

3. Fatores que influenciam a qualidade

Quando uma indústria busca tecnologia de produção de alimentos novos e com elevada qualidade para atender à demanda dos consumidores, necessita de garantias dos procedimentos de processamento e de preservação.

A qualidade da matéria-prima é um atributo fundamental no processamento mínimo, uma vez que pode ser mantida, mas nunca melhorada com tecnologia. Por sua vez, o produto processado tem ou não tem qualidade adequada de acordo com as condições da pré-colheita, da colheita e dos procedimentos de manuseio, processamento e armazenamento.

A qualidade, no sentido global, refere-se não apenas às características ou atributos sensoriais do produto, os quais interferem no seu grau de aceitação pelo consumidor, mas, também, está relacionada ao valor nutricional e à segurança de uso do produto, sem riscos à saúde. Portanto, no processamento mínimo de hortaliças como a alface, são recomendadas as Boas Práticas Agrícolas (BPA), as Boas Práticas de Fabricação (BPF) e a adoção de meios preventivos,

pela aplicação da Análise de Perigos e Pontos Críticos de controle (APPCC). Desta forma, podem-se obter produtos com excelente qualidade, reduzindo-se ou eliminando-se os riscos potenciais desde a colheita até o consumo do alimento.

3.1. Valor nutricional

A alface é uma hortaliça pouco calórica. Contém elevado teor de umidade e baixos teores de vitaminas e de sais minerais, porém possui quantidade razoável de fibra dietária, composta principalmente por pectinas e celulose (Tabela 2).

Tabela 2. Composição química da alface (*Lactuca sativa* L.) (MENDEZ *et al.* 1992; IBGE, 1977).

Componentes	Teores
Valor calórico (cal . 100 g ⁻¹)	12,9 - 15,0
Umidade (%)	94,7 - 94,9
Proteína (%)	1,3 - 1,5
Minerais (%)	0,7 - 0,8
Glícides (%)	1,2 - 2,9
Fibra dietária (%)	0,7 - 1,6
Retinol (μ equivalente . 100 g ⁻¹)	87,0
Tiamina (mg . 100 g ⁻¹)	0,08
Riboflavina (mg . 100 g ⁻¹)	0,08
Niacina (mg . 100 g ⁻¹)	0,4
Vitamina C (mg . 100 g ⁻¹)	12,0
Cálcio (mg . 100 g ⁻¹)	43,0
Fósforo (mg . 100 g ⁻¹)	34,0
Ferro (mg . 100 g ⁻¹)	1,3

O baixo valor energético é decorrente do teor limitado de lipídios, proteínas e carboidratos.

Embora a alface não se encontre entre as boas fontes de vitamina C, o seu consumo diário é considerável, podendo contribuir com parte do suprimento da taxa diária recomendável. Os teores variam entre cultivares. Albrecht (1993) encontrou variações de 8,20 mg .100 g⁻¹ a 12,77 mg .100 g⁻¹ em cinco cultivares de cabeça e de 19,71 mg .100 g⁻¹ a 23,66 mg .100 g⁻¹ em três cultivares folhosas, com retenção entre 39,9% e 73,5%, após sete dias de armazenamento a 7°C.

Na alface Iceberg rasgada, os valores iniciais (cerca de 25 mg .100 g⁻¹) apresentaram melhor retenção no produto com atmosfera modificada ativa contendo nitrogênio e sob temperatura de armazenamento igual a 3°C, com

aumento de 20% na retenção, em relação ao armazenamento a 8°C. O tipo de corte também afetou a retenção na seguinte ordem: produto rasgado manualmente > fatiamento manual > fatiamento mecânico (BARRY-RYAN e O'BEIRNE, 1999). O uso de MAP passiva ou ativa com fluxo de nitrogênio, o rasgamento manual das folhas e a baixa temperatura de armazenamento foram os melhores tratamentos para a conservação do ácido ascórbico e para a melhor qualidade visual da alface.

Dentre os minerais, o cálcio, o fósforo e o ferro estão presentes, mas em pequenas quantidades.

3.2 Tipos e cultivares de alface

A excelência de qualidade dos produtos com valor agregado só é atingida quando a matéria-prima é de qualidade superior e se otimizam todas as etapas na fase pós-colheita. No entanto, ainda não se produziu, deliberadamente, cultivares apropriadas para processamento mínimo, embora se faça seleção pelas suas propriedades específicas.

São reconhecidos quatro tipos distintos de alface, com grande número de cultivares com características próprias:

Alface crespa ou Iceberg (*L. sativa* L., var. *captata*).

Alface manteiga (*L. sativa* L., var. *captata*).

Alface romana (*L. sativa*, var. *longifolia*).

Alface folhosa (*L. sativa*, var. *crispa*).

Nas figuras 3 a 8 são mostradas cultivares representativas desses tipos, e na tabela 3 são descritas as características principais de outras cultivares.

A alface crespa (Iceberg) produz cabeça larga, é pesada e compacta, com folhas crocantes, frágeis (quebradiças) e nervuradas. A alface manteiga forma cabeça aberta com folhas delicadas e de textura macia. A Romana não forma uma cabeça verdadeira; é composta de folhas eretas, largas, alongadas e geralmente grossas. A alface folhosa também não forma uma cabeça verdadeira; as folhas são mais espalhadas, delicadas, menores e menos alongadas do que a Romana.

Outro tipo é a alface com talo ou celtuce (*L. sativa*, var. *asparagus*), que se caracteriza pelo talo grosso e folhas pontudas.

Todos os tipos de alface podem ser processados para saladas mistas, seja para uso doméstico ou comercial, mas, para o processamento mínimo, a mais indicada é a americana. Um fator importante a ser considerado é que a seleção das cultivares, as práticas pré-colheita e o manuseio pós-colheita são interativos, o que torna sua otimização indispensável na rotina de produção de minimamente processados com elevada qualidade.



Figuras 3 a 8. Tipos e cultivares de alface. (Fotos: M. I. F. Chitarra)

Na seleção de cultivares para processamento mínimo devem ser consideradas as seguintes características:

- Resistência aos fatores de estresse ambiental.
- Baixa taxa de respiração e elevado teor de açúcares.
- Baixa atividade de enzimas que atuam em processos degradativos (escurecimento, formação de voláteis)
- Elevada resistência ao ataque de pragas e de microorganismos patogênicos.

A composição do produto também influi em sua resistência ao estresse pelo processamento. Por exemplo, o elevado teor de açúcares na alface Iceberg relaciona-se com a sua vida de prateleira mais longa, porém não reduz sua sensibilidade à mancha-marrom. A alface manteiga é pouco resistente ao

processamento, por ser sensível aos danos mecânicos e às desordens fisiológicas. Neste tipo de alface, o teor de açúcares varia entre cultivares, como, por exemplo, de 1,38% para a cv. Ritmo a 1,91% para a cv. Musette, sendo a primeira altamente sensível ao CO₂. Medições do índice refratométrico neste tipo de alface comprovaram que valores inferiores a 2,2° Brix foram indicativos de fraca performance para o processamento mínimo (VAROQUEAUX *et al.*, 1996).

Tabela 3. Características de cultivares de alface (*Lactuca sativa* L.) pertencentes a diferentes tipos (MORETTI, 2003).

As diferentes cultivares de uma mesma espécie apresentam genótipos diferentes e, portanto, características ou atributos próprios. A manipulação genética e o desenvolvimento de novas cultivares com características desejáveis podem ser conseguidos com programas de produção de híbridos e com a biotecnologia.

A alface americana é a mais apropriada para o processamento mínimo por apresentar coloração verde intensa, boa compactação da cabeça e maior espessura das folhas, o que a torna mais resistente que as demais às operações de

processamento. Existem variações de alface americana, devendo-se optar por aquelas com características de qualidade como uniformidade de tamanho, firmeza e tolerância às doenças foliares, mesmo em períodos de clima quente ou úmido, e com maior resistência ao processamento e ao ataque de microorganismos e, ainda, com maior tempo de vida de prateleira.

As sementes devem ser adquiridas de empresas que tenham certificação ou garantia de qualidade, já existindo no mercado grande diversidade de cultivares com boa adaptação às condições climáticas e de manejo no Brasil (Tabela 3). Outras cultivares desenvolvidas com o objetivo de melhorar a qualidade, a resistência ao ataque de microorganismos e ao manuseio e com maior período de conservação são mostradas na Tabela 4.

Tabela 4. Cultivares de alface e suas respectivas características (CARDOSO, 2000).

3.3. Cultivo hidropônico

O cultivo hidropônico de flores, frutas e hortaliças é uma técnica de produção que vem sendo usada há muitos anos na Europa e nos EUA. No Brasil, a hidroponia com objetivo comercial ainda é recente, sendo usada notadamente

nos cinturões verdes próximos aos grandes centros urbanos, em especial para o cultivo de alface (FAQUIN *et al.*, 1996).

A hidroponia corresponde ao cultivo em que os minerais essenciais são fornecidos ao vegetal por meio aquoso, na ausência completa de solo. O ambiente de produção é fechado ou telado (tipo estufa), para impedir a entrada de insetos, e as plantas são cultivadas em bancadas. A solução nutritiva circula em todas as bancadas. Para evitar a incidência de patógenos, usa-se água de boa qualidade, sementes certificadas e substratos livres de doenças. Os equipamentos, bancadas e canais são periodicamente submetidos à sanificação com hipoclorito de sódio. Não é permitida a presença de pessoas estranhas e nem de animais no ambiente de produção.

A hidroponia possibilita a obtenção de produtos com qualidade superior e com aproveitamento total. Pelo fato de o cultivo ser em estufa limpa, protegida e sem variações climáticas, sem a presença de insetos e de outros animais encontrados no solo, reduz-se drasticamente o uso de agroquímicos (CARDOSO, 2001). Plantas como agrião, rúcula, salsa, cebolinha, salsão e principalmente alface têm sido produzidas com excelente qualidade e com muito sucesso no sistema hidropônico.

3.4 Classificação da alface

Classificar um produto corresponde à sua separação em diferentes categorias, de acordo com as suas peculiaridades, como cor, tamanho, forma, grau de maturação, sinais de danos mecânicos ou fisiológicos, danos por pragas, entre outros. As unidades pertencentes a um mesmo tipo ou a uma mesma cultivar podem apresentar variações em suas características decorrentes de fatores ambientais e/ou culturais. Dessa forma, é necessário estabelecer padrões de qualidade para comparação e classificação da matéria-prima, com base nas suas características mais comuns e que proporcionem melhor aparência e melhor qualidade. O padrão é uma referência de qualidade, estabelecido com base em observações das características normais do produto.

A alface para processamento mínimo deve apresentar características bem definidas. A sua classificação deve visar a homogeneidade no formato das folhas, a formação de cabeça, a coloração e o peso da planta, dentre outros atributos de qualidade.

A classificação dos produtos vegetais é obrigatória em todo o território brasileiro, conforme o Decreto-lei 9.972, publicado no Diário Oficial da União de 26 de maio de 2000.

De acordo com o Programa Brasileiro para a Melhoria dos Padrões Comerciais e de Embalagem de Hortigranjeiros, desenvolvido pelo Centro de Qualidade em Horticultura (CQH) da Ceagesp, as normas para classificação de alface englobam como pontos principais os descritos a seguir.

Grupos – corresponde à separação do produto de acordo com as características das cultivares. A alface é agrupada em: Lisa, Crespa, Americana, Mimosa e Romana. Cada grupo tem naturalmente suas próprias características:

- Lisa – folhas lisas e delicadas, com bordas arredondadas, podendo ou não, formar cabeça.

- Crespa – folhas crespas, com bordas recortadas e irregulares; não forma cabeça.

- Americana – folhas lisas ou crespas, consistentes, quebradiças (crocantes), verde-esbranquiçadas e curvas; formam cabeça de alta compactidade.

- Mimosa – folhas crespas, muito recortadas.

- Romana: folhas tipicamente alongadas, duras, com nervuras claras e protuberantes; forma cabeça fofa e alongada.

Subgrupos – estabelecidos de acordo com a coloração das folhas, que podem ser verdes ou roxas.

Classes – estabelecidas pelas características físicas, como peso, tamanho, forma e cor. O peso é usado como característica de base para a homogeneização, admitindo-se uma variação de 50 g dentro de uma mesma classe.

Tipo ou categoria – refere-se aos aspectos de qualidade intrínseca do produto, considerando a proporção de defeitos, os quais podem ser graves ou leves, estabelecendo-se um percentual de tolerância dos mesmos para cada categoria de produtos, conforme tabela 5.

Os defeitos leves incluem: presença de organismos vivos, folhas deformadas, brotos laterais, danos mecânicos e manchas.

As categorias (Extra, I, II e III) são estabelecidas a partir da análise dos tipos de defeitos, dos seus limites de tolerância e da soma dos graus de limpeza e de hidratação da alface.

A limpeza refere-se à presença ou ausência de impureza. O produto é classificado como limpo (nota 4), bom (nota 3), regular (nota 2) e sujo (nota 1). Do mesmo modo, o grau de hidratação considera o grau de murchamento ou de turgidez do produto.

O lote de alface que não atender às especificações das normas de classificação será considerado fora do padrão. Será desclassificado o lote que contiver resíduos de substâncias tóxicas nocivas à saúde acima dos limites de tolerância estabelecidos legalmente, bem como a matéria-prima em menor estado de conservação, com odores ou sabores estranhos ao produto.

Tabela 5. Limites de tolerância para os defeitos graves e leves, limpeza e hidratação, de acordo com as categorias de qualidade (tipos) de alface (CEASA, 2007).

Defeitos graves	Categoria de qualidade (%)			
	Extra	I	II	III
Podridão	1	1	2	5
Lesões	1	2	3	10
Sem coração	1	1	2	20
Descoloração	1	2	3	20
Cabeça deformada	1	2	3	20
Espigada	1	1	2	20
Queimada	1	2	3	20
Total de defeitos graves	2	3	5	20
Total de defeitos leves	5	10	15	100
Total geral	5	10	15	100
Limpeza* Hidratação* (graus)	4	3	2	1
Soma mínima de limpeza e hidratação	8	7	6	< 6

* Exceto na categoria III, nenhuma outra nota deve ser inferior a 3.

3.5 Desordens fisiológicas

A alface é suscetível a desordens fisiológicas que podem depreciar a qualidade do produto comercializado *in natura* ou minimamente processado. Os sintomas podem se desenvolver no armazenamento, sendo decorrentes de problemas do campo, de injúrias físicas (corte, amassamento) ou das condições inadequadas de embalagem e armazenamento. As mais comuns são as seguintes:

Tipburn (Queima-das-extremidades) – caracteriza-se pela aparência disforme das folhas, com margens quebradiças, suscetíveis às doenças e, por vezes, com aspecto marginal escurecido. É causada no campo e tem relação com a cultivar, com a nutrição mineral e com as condições climáticas. No entanto, ocasionalmente, a severidade da desordem pode aumentar após a colheita. Essa desordem pode reduzir a qualidade do produto minimamente processado, pelo fato de o tecido que sofre escurecimento se distribuir na embalagem, prejudicando a qualidade do produto como um todo. É importante salientar que, no preparo de saladas mistas, a qualidade em geral corresponde àquela do componente mais perecível. A idade fisiológica ou os danos físicos às folhas podem gerar produto com grau de perecibilidade desuniforme.

Brown Stain (Mancha-marrom) – ocorre com elevadas concentrações de CO₂ (> 3%) na embalagem, especialmente sob baixa temperatura. Os sintomas aparecem inicialmente na superfície da nervura central da folha. É caracterizada pela ocorrência de áreas necrosadas superficiais ovaladas e irregulares, com margens mais escuras do que o centro afundado da lesão. A incidência da mancha-marrom varia entre os tipos de alface.

Pink Rib (Nervura-rosa) – causada pelo envelhecimento, por machucadura ou por oxidação dos tecidos após a colheita. É comum ocorrer na alface picada por batimentos e se desenvolve após horas ou dias, mesmo no armazenamento refrigerado. Caracteriza-se pela coloração rosada nas nervuras. Os sintomas aumentam nas cabeças muito maduras e no armazenamento sob temperatura elevada. Não aumenta pela exposição ao etileno e nem é controlada pela atmosfera modificada com baixa concentração de O₂. A causa da desordem é desconhecida.

Russet Spotting (RS) – ocorre em alface crespa (Iceberg), induzida pela exposição a baixas concentrações de etileno. É caracterizada pelo aparecimento de pintas marrons numerosas e pequenas ao longo dos dois lados da nervura central, que, em casos mais severos, podem se espalhar por toda a folha. O etileno estimula a produção de compostos fenólicos, os quais são responsáveis pela pigmentação escura dos tecidos. Pode ser controlada pela imersão da alface em solução de cloreto de cálcio a 1%, pelo armazenamento sob temperaturas baixas (próximas a 0°C), pelo uso de atmosfera modificada, pela redução de injúrias físicas e pela ausência de etileno.

3.6 Temperatura

A manutenção do produto na temperatura adequada imediatamente após a colheita e durante o processamento, armazenamento, distribuição e comercialização é o fator mais importante para a manutenção da qualidade e para aumentar a vida de prateleira.

Quando alta temperatura e baixa umidade relativa prevalecem, ocorre aumento da respiração e transpiração rápida nas hortaliças folhosas, tendo como consequência o murchamento, decorrente da perda de turgidez. A taxa de respiração também aumenta com o corte dos tecidos.

A temperatura tem efeito pronunciado sobre a vida de prateleira da alface minimamente processada, com faixa ideal entre 0°C e 5°C, sendo 0°C considerada a temperatura ótima (GORNY, 1997). Entretanto, nos pontos de comercialização, as temperaturas mais freqüentes são próximas a 5°C, sendo algumas vezes mantida entre 8°C e 12°C, onde a alface minimamente processada se conserva por apenas cinco a sete dias (DAREZZO, 2000; SIGRIST, 2003).

As reações metabólicas nos produtos íntegros aumentam entre duas e três vezes para cada 10°C de aumento na temperatura. Considerando que, no processamento mínimo, a injúria pelo corte já acelera a respiração, a produção de etileno e a atividade metabólica como um todo, torna-se evidente o efeito negativo da associação desta com a elevação da temperatura, seja no processamento, no transporte, no armazenamento ou nos pontos de comercialização.

Bolin *et al.* (1977) observaram que a alface minimamente processada mantida a 2°C permaneceu comercializável por até vinte e cinco dias, enquanto que a 10°C sua vida útil foi de dez dias. Já Freire Júnior (1999), mesmo trabalhando

com alface hidropônica, observou vida útil de sete dias para o produto armazenado a 2°C e de apenas três dias no armazenamento a 10°C, quando o escurecimento da nervura central e das bordas foi significativamente maior (Figura 9).

Figura 9. Escurecimento da nervura central (A) e das bordas (B) em alface hidropônica cv. Regina minimamente processada e armazenada a 2°C e a 10°C (FREIRE JUNIOR, 1999).

A lavagem da matéria-prima ou o enxágüe do produto processado com água fria (o mais próximo possível de 0°C) são medidas auxiliares para manter a sua temperatura baixa. Do mesmo modo, a manutenção do produto processado sob baixa temperatura durante o transporte, na distribuição e no armazenamento durante a comercialização reduz os processos deteriorantes, tanto metabólicos como pela ação de microorganismos.

Temperaturas superiores a 5°C, em associação com elevada umidade relativa e baixa concentração de O₂ no interior da embalagem, favorecem o risco de crescimento de microorganismos patogênicos ao homem, como as bactérias dos gêneros *Yersinia*, *Listeria* e *Clostridium* (CANTWELL, 1992). A maioria dos fungos e das bactérias reduz a sua velocidade de crescimento com o abaixamento da temperatura, mas existem tipos especiais que são tolerantes ao frio (microorganismos psicrotróficos) e que se desenvolvem bem sob refrigeração (ROSA e CARVALHO, 2000).

3.7. Atmosfera modificada

A modificação da atmosfera pela embalagem do produto (MAP) em filmes poliméricos com permeabilidade restrita a gases (O₂ e CO₂) e ao vapor d'água é um dos métodos mais usuais para manter a qualidade e prolongar a vida útil de hortícolas minimamente processados. Os sistemas MAP abaixam a concentração de O₂ e elevam a de CO₂, reduzindo a intensidade da respiração e a atividade metabólica. Deve-se, no entanto, atentar para os limites dos valores, pois concentrações muito baixas de O₂ causam anaerobiose, caracterizada pela produção de substâncias de sabor e odor desagradáveis. Do mesmo modo, concentrações muito elevadas de CO₂ são tóxicas para os vegetais, causando desordens fisiológicas.

A chave do sucesso da técnica de embalagem com modificação da atmosfera está no conhecimento do tipo de atmosfera que é benéfica para o produto e na escolha do material de embalagem capaz de proporcionar tal efeito. As condições ideais são variáveis com o produto e correspondem àquelas que propiciam o maior espaço de tempo possível de conservação sem perda apreciável da qualidade sensorial ou nutricional e com segurança de uso (Tabela 6).

Tabela 6. Recomendações de uso de atmosfera modificada para alface minimamente processada (temperatura ótima = 0°C, com faixa de variação entre 0°C e 5°C). (Adaptado de Gorny, 1997).

*Cultivares: Ritmo, Nancy, Musette, Trinidad, Barry e Judy.

**Cultivares: Saladin, Great Lakes e Salinas.

A combinação de MAP com baixas temperaturas prolonga a vida de prateleira por reduzir a taxa de respiração, a transpiração, a biossíntese e ação do etileno, o escurecimento da superfície cortada e o crescimento microbiano.

A modificação da atmosfera no interior da embalagem pode ser: passiva, quando advém da respiração do produto e das trocas gasosas através da embalagem com o meio externo; ativa, quando o ar no interior da embalagem sofre reposição por misturas gasosas com composição preestabelecida. Em ambos os sistemas há estabilização na concentração dos gases no espaço vazio da

embalagem após um certo espaço de tempo, designada como “atmosfera de equilíbrio”, sendo este tempo mais reduzido na atmosfera ativa.

Em alface minimamente processada, o uso de MAP ativa ou de embalagem com vácuo parcial reduz rapidamente o O_2 a menos de 1% e reduz o escurecimento enzimático (BALLANTYNE *et al.*, 1988). O estabelecimento rápido das concentrações ideais de O_2 e de CO_2 dentro da embalagem é crítico para a prevenção do escurecimento da superfície cortada nos produtos minimamente processados. No entanto, a magnitude dos benefícios da atmosfera modificada ativa ou passiva em alface minimamente processada ainda é dependente de mais estudos sobre combinações atmosferas-temperaturas, bem como das respostas apresentadas pelos diferentes tipos e cultivares (LÓPEZ-GALVEZ *et al.*, 1996).

Testes com diferentes concentrações de gases para a preservação da alface Romana minimamente processada demonstraram que as condições mais adequadas foram aquelas com atmosfera contendo 1% de O_2 e 10% de CO_2 (HAMZA *et al.*, 1996). Já na alface Iceberg, as cabeças intactas são sensíveis a atmosferas contendo CO_2 , podendo desenvolver injúrias em concentrações superiores a 2%. No entanto, quando minimamente processada e usada no preparo de saladas, é usualmente embalada com atmosferas contendo menos de 1% de O_2 e cerca de 10% de CO_2 , condições ideais para o controle do escurecimento da superfície cortada (CANTWELL e SUSLOW, 2003).

Em concentrações superiores a 10%, o CO_2 auxilia na manutenção da superfície cortada, ou seja, reduz o escurecimento enzimático na região do corte e da nervura central das folhas, porém apenas nas cultivares de alface não sensíveis à desordem mancha-marrom. Concentrações superiores a 10% podem estimular a produção de voláteis com sabor e aroma desagradáveis, e acima de 15% podem danificar os tecidos, com formação de manchas pardas e lignificação dos mesmos.

A embalagem com modificações de atmosfera para cultivares de alface roxa é pouco recomendada, pois níveis elevados de CO_2 combinados com baixos de O_2 afetam negativamente o metabolismo fenólico, particularmente no tecido roxo, reduzindo a vida de prateleira deste tecido em relação ao branco e ao verde (CASTAÑER *et al.*, 1997).

A adição de pequenas quantidades (5 mL.200 g⁻¹ de alface) de monóxido de carbono (CO) ao sistema de embalagem pode prolongar a vida útil do produto, notadamente nas embalagens com vácuo parcial. O CO retarda o escurecimento enzimático, por inativar a polifenoloxidase (PPO), e reage com o etileno, na presença de O_2 , produzindo ácidos carboxílicos ou ésteres (BOLIN e HUXSOLL, 1991). A vida útil da alface Manteiga minimamente processada também pode ser prolongada, de acordo com Varoquax *et al.* (1996), mantendo-se baixas concentrações de O_2 e de CO_2 no interior da embalagem, por meio de injeções de nitrogênio (N_2) na mesma.

O aroma natural das hortaliças minimamente processadas usualmente é modificado em razão de alterações bioquímicas dos tecidos. A embalagem

imprópria ou a exposição do produto à temperatura abusiva podem expor o produto a níveis muito baixos de O_2 , com fermentação e emissão de voláteis como o acetaldeído e o etanol (Figura 10)

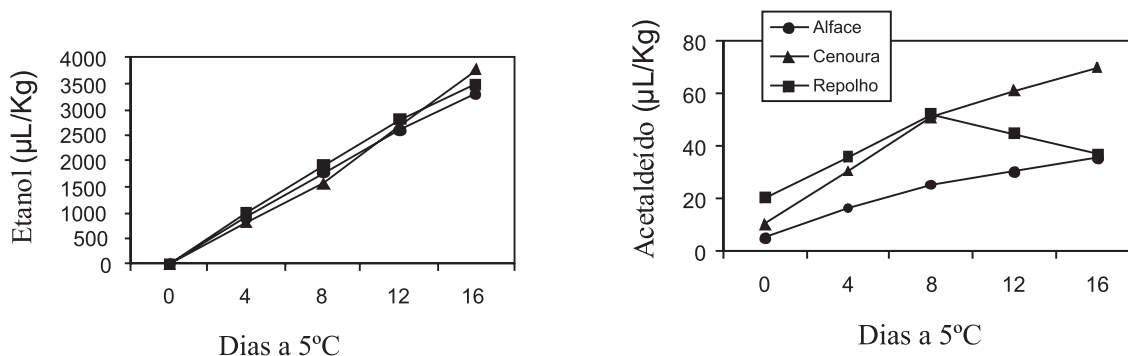


Figura 10. Concentração de acetaldeído e de etanol em alface Iceberg, cenoura e repolho roxo, acondicionados em sacos de salada comercial e armazenados a 5°C (PEISER *et al.*, 1998).

Do mesmo modo, a ação de enzimas também pode produzir voláteis de aroma desagradável como, por exemplo, a lipoxigenase, que catalisa as reações de peroxidação de ácidos graxos insaturados, formando aldeídos e cetonas.

Um biossensor de etanol foi desenvolvido comercialmente para detectar injúrias por baixa concentração de O_2 na embalagem, logo no início do desenvolvimento, o que reduz o risco de uso de produto com qualidade inferior pelos consumidores. Foi testado com sucesso em alface minimamente processada e em outros produtos, bem como em solução padrão de etanol. São tiras-teste impregnadas com cromógeno e enzimas (álcool oxidase e peroxidase). Na presença de etanol, o cromógeno é oxidado, resultando em mudança de coloração do branco para azul-esverdeado claro. Detecta 10 mL.L^{-1} de etanol a 5°C após quinze segundos de exposição, enquanto que o limiar de percepção olfativa no homem é de 30 mL.L^{-1} . A intensidade da mudança de coloração depende da concentração de etanol, do tempo e temperatura de exposição (SMITH *et al.*, 1999).

4. Aspectos fisiológicos e bioquímicos

Um dos maiores problemas no processamento mínimo de alface são as mudanças fisiológicas e bioquímicas indesejáveis decorrentes das operações do processamento mínimo e principalmente em resposta ao fermento dos tecidos pelo corte.

Os danos físicos ou fermentos causados nessas operações modificam a sua atividade fisiológica (respiração, produção de etileno, reações bioquímicas), tornando-as mais perceptíveis que os produtos íntegros. As respostas dos tecidos ocorrem minutos após o corte, com modificação na qualidade sensorial (cor, sabor, aroma, textura) e nutricional, pela redução no valor vitamínico. O tecido injuriado também se torna mais suscetível ao desenvolvimento de microorganismos, o que reduz a sua vida útil e a segurança no seu uso como alimento.

4.1 Produção de etileno, respiração e transpiração

A produção de etileno e o aumento da respiração nos tecidos próximos à superfície cortada são responsáveis diretos pela senescência dos tecidos. O “etileno de fermento” é biossintetizado pela via normal, que é ativada poucos minutos após a injúria dos tecidos pelo corte, aumentando a respiração dos tecidos e ativando numerosas vias metabólicas, com síntese e degradação de substâncias atuantes nos mecanismos de defesa do tecido à injúria.

O etileno é ativo em concentrações muito baixas e sua produção, bem como a elevação na respiração, causam diferenças no grau de maturação ou idade fisiológica entre os tecidos intactos e os danificados pelo corte. Em tecidos verdes como a alface, o etileno acelera a degradação da clorofila, causando amarelecimento indesejável, e ativa o desenvolvimento de desordens fisiológicas. Por exemplo, na alface Iceberg inteira, a taxa de produção de etileno é muito baixa (inferior a $0,1 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ a 20°C), mas este tipo de alface é extremamente sensível e desenvolve os sintomas de Russet Spotting (RS) após exposição ao mesmo (CANTWELL e SUSLOW, 2003).

Na classificação geral de hortaliças quanto a atividade respiratória, Weichman (1987) caracteriza a alface como produto de elevada atividade ($40 \text{ mg CO}_2.\text{kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ a $70 \text{ mg CO}_2.\text{kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ a 10°C), semelhante ao aspargo branqueado e à chicória. Já Kader (1987) a classifica de acordo com a sua taxa relativa de respiração a 5°C , como de baixa atividade para a alface de cabeça ($5 \text{ mL CO}_2.\text{kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ a $10 \text{ mL CO}_2.\text{kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$) e de atividade moderada ($10 \text{ mL CO}_2.\text{kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ a $20 \text{ mL CO}_2.\text{kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$) para a folhosa.

No processamento mínimo há aumento considerável da respiração do tecido cortado em relação ao tecido íntegro, razão pela qual devem ser usadas cultivares com baixa atividade respiratória. Além do tipo de alface, também é importante considerar o efeito da temperatura sobre o aumento da atividade respiratória, conforme mostrado na tabela 7. Por exemplo, a alface Iceberg apresenta respiração moderada, mesmo com o aumento da temperatura, mas, quando minimamente processada, há aumento de 35% a 40% na atividade respiratória das folhas rasgadas, em relação ao corte da cabeça em quartos. A atividade fisiológica também pode ser afetada pelo tipo de equipamento usado para o corte. O uso de lâminas rotativas afiadas resulta em produto com menor atividade respiratória do que o uso de lâminas estacionárias afiadas, por que causa menor dano aos tecidos.

Todos os tipos de alface são muito suscetíveis a perda d'água. A transpiração aumenta nos produtos minimamente processados, notadamente nas folhosas como a alface, em decorrência do corte dos tecidos, o que contribui para o aumento da relação superfície/volume, além de expor o conteúdo das células, resultando em maior perda d'água. Esta é uma das principais causas de depreciação dos produtos minimamente processados. Além de resultar em perda de peso, promove o murchamento dos tecidos, degenerando a aparência e

reduzindo textura, pela redução do turgor celular, e contribui para a depreciação do valor nutritivo, por lixiviar vitaminas e sais minerais. A transpiração também é uma função da temperatura do produto e da temperatura e umidade relativa do meio ambiente. Por isso, torna-se evidente a necessidade de matéria-prima fresca, colhida e pré-resfriada adequadamente, para evitar esse tipo de problema.

Tabela 7. Atividade respiratória de alface inteira e minimamente processada em função da temperatura.

Temperatura (°C)	Atividade respiratória (mL CO ₂ . kg ⁻¹ . h ⁻¹)				
	Cabeça ¹	Folhosá	Iceberg ² cabeça	Iceberg ² rasgada	Manteiga ² picada
0	6 - 17	19 - 27	3 - 8	-	-
1	-	-	-	-	6 - 7
2,5	-	-	-	-	-
4,5	-	-	-	6 - 7,5	10 - 13
5	13 - 20	24 - 35	6 - 10	8 - 14	-
7,5	-	-	-	12 - 17	-
10	21 - 40	32 - 46	11 - 20	16 - 21	20 - 25
15	32 - 45	51 - 74	16 - 23	-	-
20	51 - 60	82 - 120	25 - 30	-	-
25	73 - 91	120 - 173	-	-	-

¹ Cantwell e Suslow (2002).

² Gorny (1997).

Uma das principais vantagens do uso de MAP é a redução da transpiração do produto, devido à manutenção de elevado nível de umidade relativa no ambiente interno da embalagem. No entanto, o filme polimérico deve possuir taxa de transmissão ao vapor d'água suficiente para evitar a condensação da água, ou ser incorporado com aditivo antiembaçante.

Um sério problema associado com a alta umidade dentro da embalagem é a condensação de água na superfície interna do filme de plástico. Ocorre quando há oscilação da temperatura dentro e fora da embalagem, na fase de comercialização, o que mais uma vez evidencia a importância da cadeia do frio para a manutenção da qualidade do produto.

4.2 Metabolismo fenólico

Objetivando evitar tratamentos químicos para prevenir o escurecimento enzimático dos tecidos, diferentes estudos têm sido realizados buscando melhor entendimento das causas do escurecimento e dos meios para evitá-las ou controlá-las. Atenção especial é dedicada ao metabolismo dos compostos fenólicos nos

tecidos injuriados fisicamente ou com desordens fisiológicas responsáveis pelo escurecimento da alface.

Os compostos fenólicos correspondem a uma ampla variedade de substâncias, desde fenóis simples, ácidos fenólicos e flavonóides, até polímeros complexos como a lignina e a suberina. São normalmente encontrados em folhas, sementes e frutos, em concentrações que variam com a espécie, cultivar, órgão e grau de manutenção. De modo geral, o estresse causado pelas injúrias mecânicas modifica o metabolismo fenólico, com oxidação de compostos preexistentes ou com aumento na síntese de monômeros ou polímeros.

Os danos mecânicos que ocorrem na colheita, no manuseio e no processamento mínimo da alface alteram o seu metabolismo, induzindo ao aumento da atividade respiratória e da biossíntese de etileno. Este, por sua vez, induz ao aumento da atividade da fenilalanina amônia liase (FAL), enzima-chave no metabolismo fenólico, que catalisa a desaminação da fenilalanina, produzindo o ácido cinâmico, que por sua vez é precursor da biossíntese de vários compostos fenólicos. Além da FAL, outras enzimas têm a transcrição dos seus genes ativada pelo fermento dos tecidos e pela emanção do etileno, culminando com a biossíntese de lignina.

Em três tipos de alface (Iceberg, cv. Salinas; Manteiga, cv. Esmeralda e Romana, cv. Green Tower), observou-se um período de dezesseis a vinte horas entre a indução da FAL e da síntese e o acúmulo de derivados fenólicos. O mecanismo de indução do metabolismo fenilpropanóide pelo fermento foi comum aos três tipos (TOMÁS-BARBERÁN *et al.*, 1997). O aumento da atividade da FAL em alface minimamente processada tem sido sugerido como um índice para a previsão da vida de prateleira do produto (LÓPEZ-GALVEZ *et al.*, 1996). Na alface, o aumento da atividade da FAL ocorre em resposta à injúria física pelo corte dos tecidos, mas não há indução pelo etileno do fermento (KE e SALTVEIT, 1989).

Os fenólicos solúveis que aumentam após o fermento e o desenvolvimento do escurecimento em alface são principalmente derivados do ácido caféico. O fermento inicialmente induz a síntese de ácido clorogênico (ácido 5-cafeoilquínico) e de ácido isoclorogênico (ácido 3,5 – dicafeoilquínico), os quais também ocorrem com o desenvolvimento do RS. Outros fenólicos presentes são os ácidos cafeoiltartárico, dicafeoiltartárico, o 3,4-dicafeoilquínico e o 4,5 – dicafeoilquínico (TOMÁS-BARBERÁN *et al.*, 1997).

Os compostos fenólicos solúveis podem ser oxidados pela ação da polifenoloxidase (PPO), produzindo quinonas. Estas são incolores, mas polimerizam-se formando pigmentos escuros, responsáveis pelo desenvolvimento da coloração marrom nas superfícies cortadas da alface (CASTAÑER *et al.*, 1996).

A PPO é uma o-difenol-oxigênio oxidaredutase com especificidade de substratos dihidroxifenóis. Tem pH e temperatura ótimos, respectivamente, entre 5°C e 8°C e entre 25°C e 35°C (FUGITA *et al.*, 1991). Encontra-se presente na

alface em conformações e pesos moleculares diferentes nos tecidos vasculares e nos que realizam a fotossíntese (HEIMDAL *et al.*, 1994) (Figura 11).

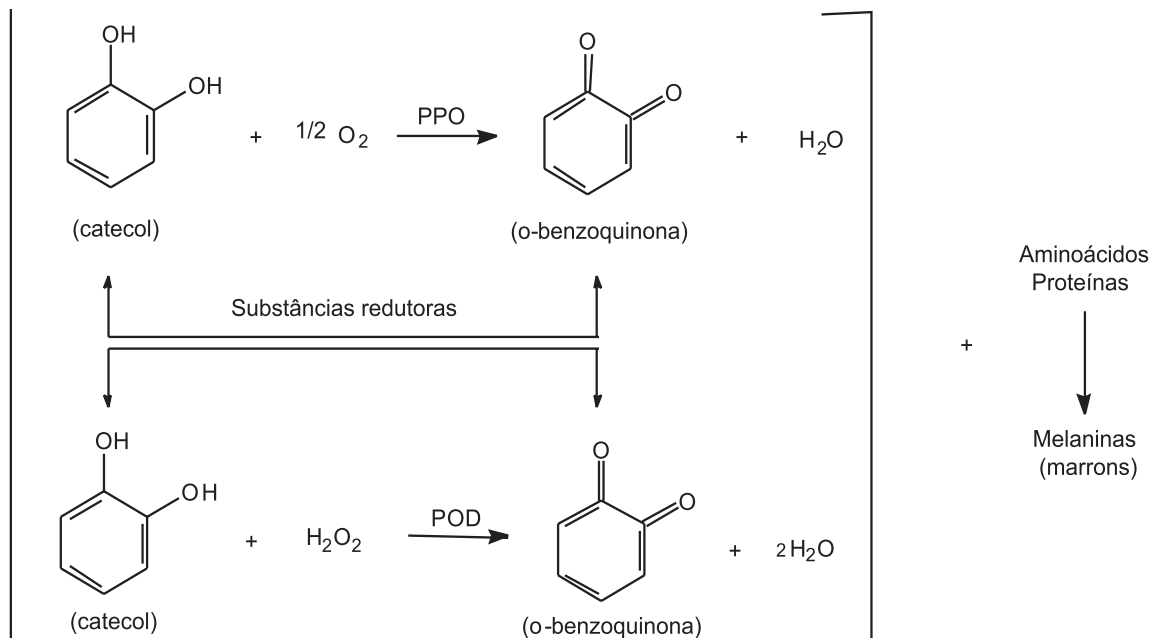


Figura 11. Esquema das reações de escurecimento enzimático dos compostos fenólicos pelas enzimas polifenoloxidase (PPO) e peroxidase (PDO).

O escurecimento dos tecidos pode ser retardado ou inibido pelo uso de técnicas adequadas, como o armazenamento sob baixas temperaturas e o uso de atmosfera modificada ou de aditivos químicos.

4.3 Degradação da clorofila

As modificações químicas e estruturais dos tecidos decorrentes do processamento mínimo resultam em modificação na sua coloração verde. A degradação da clorofila pode ser um bom indicador da condição fisiológica em tecidos vegetativos verdes como os da alface. A degradação é ativada em decorrência das reações enzimáticas e das modificações do pH, pela liberação de ácidos orgânicos nos tecidos cortados (HEATON *et al.*, 1996).

A clorofilase é a principal enzima responsável pela degradação da clorofila, mas os agentes oxidativos também são responsáveis por sua degradação (Figura 12).

Outras enzimas podem estar envolvidas no catabolismo da clorofila, como as peroxidases e a lipoxigenase, com produção de pigmentos marrons. A clorofila também é suscetível à foto-degradação. As mudanças quantitativas na clorofila e seus produtos de degradação e/ou enzimas hidrolíticas ainda não têm seus mecanismos totalmente esclarecidos.

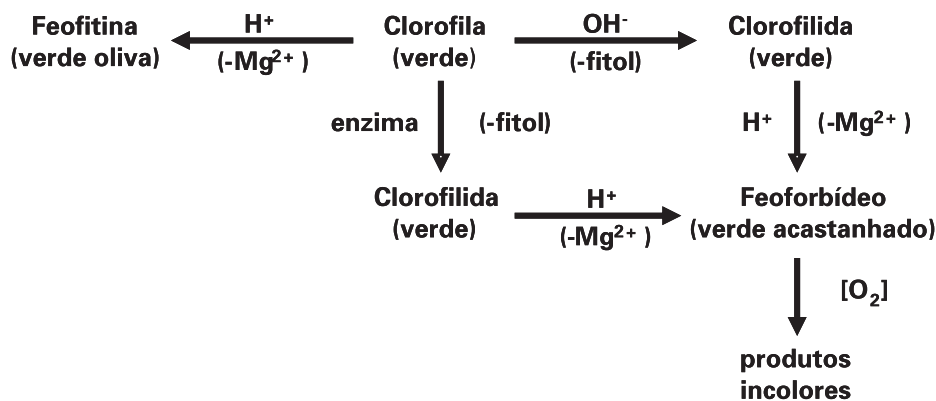


Figura 12. Esquema de degradação da clorofila.

O etileno afeta negativamente a coloração verde dos tecidos vegetais por induzir o aumento da atividade da clorofilase, com formação de compostos verde-oliva ou marrons, ou, ainda, por possibilitar o aparecimento dos pigmentos carotenóides preexistentes e que causam o amarelecimento típico de tecidos senescentes. A conversão da clorofila em feofitina e em feoforbídeo resulta em perda da cor verde brilhante para verde-oliva ou oliva-amarelado, considerado pelo consumidor como perda de qualidade.

O teor de clorofila total decresce com o processamento mínimo da alface, notadamente se o produto permanecer sob temperatura mais elevada que a recomendada. Por exemplo, na alface hidropônica de folha lisa cv. Regina minimamente processada, o teor inicial de clorofila total, da ordem de $213 \text{ mg} \cdot 100^{-1} \text{ g}$, decresceu para cerca de $150 \text{ mg} \cdot 100^{-1} \text{ g}$ após catorze dias a 2°C , enquanto que este mesmo valor ocorreu apenas três dias após o armazenamento a 10°C (FREIRE JÚNIOR, 1999).

4.4 Degradação do ácido ascórbico

O ácido L-ascórbico é lábil e sofre oxidação pela luz, oxigênio, calor, enzimas e presença de metais. As operações de processamento e condições de armazenamento também contribuem para a redução do seu teor, razão pela qual a sua quantificação em hortaliças minimamente processadas tem sido sugerida como um índice do estado fisiológico do produto, inclusive em alface minimamente processada.

Nos tecidos normais, o ácido L-ascórbico atua cedendo elétrons para a cadeia respiratória (produção de energia), inibe a auto-oxidação lipídica e regenera outros antioxidantes naturais como os tocoferóis. Também inibe efetivamente o escurecimento enzimático, por reduzir as o-quinonas aos fenólicos que as originaram. Pode ser oxidado por uma série de mecanismos químicos e bioquímicos responsáveis não só pela perda de sua atividade vitamínica, como, também, pela formação de pigmentos escuros. Diferentes enzimas podem catalisar a sua degradação de forma direta, tal como a ácido ascórbico oxidase, ou indireta, com a peroxidase, a polifenoloxidase e a citocromo oxidase.

O corte dos tecidos aumenta a atividade enzimática, resultando em perda rápida da vitamina C pelos produtos minimamente processados. A oxidação ocorre especialmente quando catalisada por metais como o Cu^{+2} e o Fe^{+3} , sendo acelerada pela luz e pelo calor, concentração de oxigênio e pH do meio. As reações se iniciam pela perda de H^+ , formando o ácido deidroascórbico, o qual também apresenta atividade vitamínica, porém é muito instável (devido à presença do anel lactona), e por hidrólise transforma-se irreversivelmente no ácido 2,3-dicetogulônico, perdendo a atividade vitamínica. Este composto é altamente reativo e se decompõe produzindo pigmentos escuros que prejudicam a aparência dos produtos (Figura 13). As reações envolvidas nas fases terminais de degradação também produzem compostos responsáveis por mudanças no “flavor”, por meio de reações não enzimáticas.

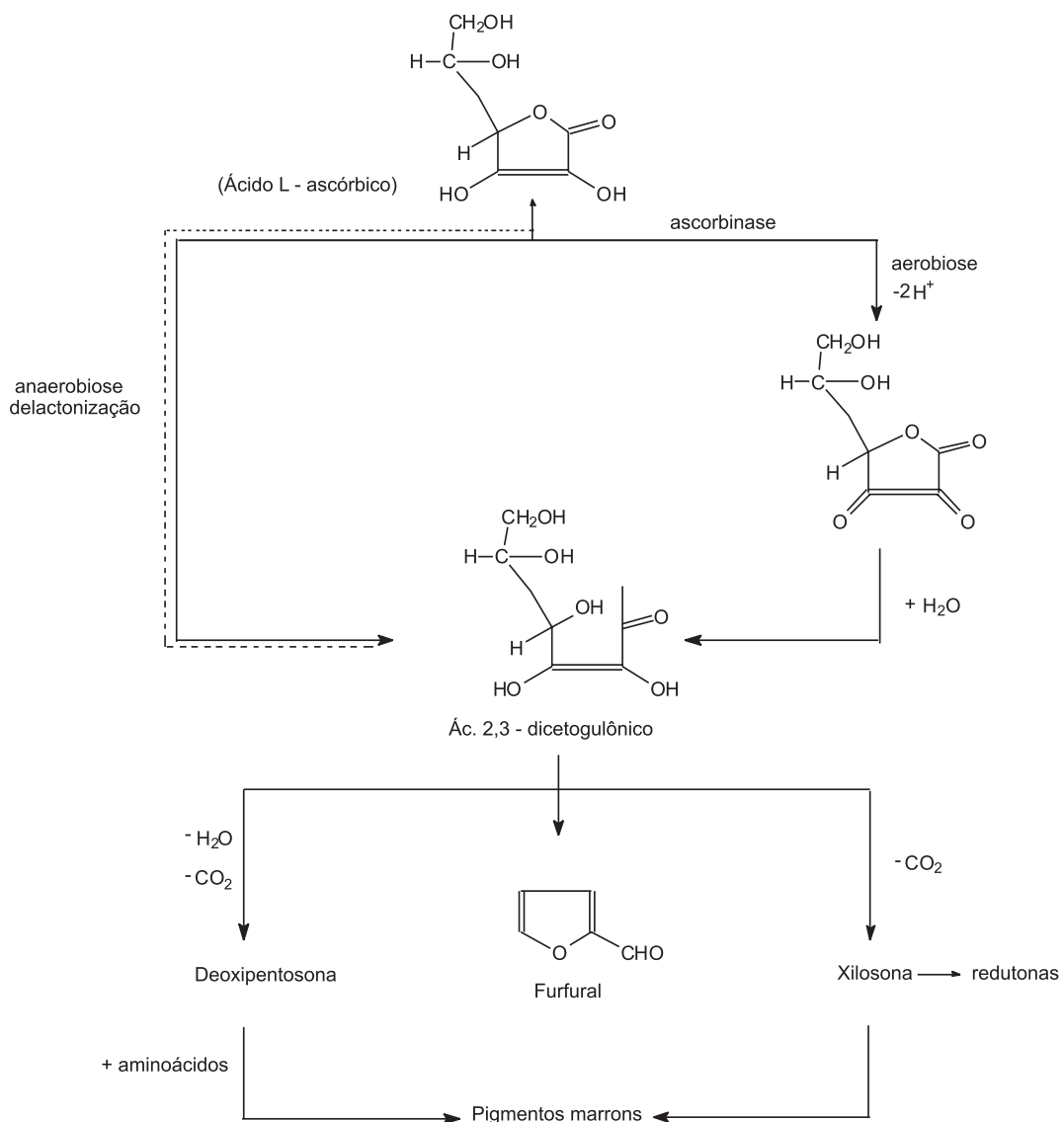


Figura 13. Decomposição do ácido ascórbico em tecidos vegetais. (Adaptado de Klein, 1987).

5. Aspectos microbiológicos

As folhas de alface são suscetíveis a numerosas infecções, tanto por bactérias como por fungos, sendo os mais usuais *Botrytis cinerea*, *Sclerotinia* sp, *Alternaria tenuis*. As bactérias psicrotróficas são as que predominam, como *Pseudomona* spp. Essas bactérias produzem enzimas pécticas que degradam os tecidos do hospedeiro, porque atuam diretamente nos polímeros pécticos das paredes celulares, hidrolisando-os. As infecções ocorrem na forma de descoloração ou manchas aquosas, que transformam as folhas numa massa úmida, macia e viscosa.

Os fungos patogênicos também podem causar colapso aquoso dos tecidos da alface (podridão macia aquosa causada por *Sclerotinia* ou o mofo-cinzento causado por *Botrytis cinerea*), mas são distintos da podridão macia causada por bactérias, porque desenvolvem esporos negros ou cinzas.

A lavagem e a sanificação da alface minimamente processada reduzem a contaminação por bastonetes Gram-negativos (gêneros *Pseudomonas*, *Serratia* e *Erwinia*).

A carga microbiana da alface minimamente processada pode advir de diferentes fontes de contaminação, notadamente da água de irrigação, do solo, das mãos dos operários na colheita e no processamento, de utensílios e de equipamentos. Esses fatores contribuem tanto para o aumento da taxa microbiana como para a sua distribuição no produto e para a contaminação por microorganismos patogênicos ao homem, os quais não são usuais no produto, mas podem desenvolver-se adequadamente no mesmo. O risco de contaminação com bactérias patogênicas pode aumentar com o uso de MAP (elevada umidade relativa e baixa concentração de O₂) e com o armazenamento sob temperatura elevada (acima de 5°C). Nessa faixa de temperatura pode ocorrer o desenvolvimento de *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp, *Escherichia coli* e *Clostridium botulinum*, todos altamente tóxicos para o homem.

O uso de embalagem com atmosfera modificada contendo níveis moderados (10%) a elevados de CO₂ (20%) inibe o crescimento de bactérias aeróbias como as *Pseudomonas*, comuns em alface minimamente processada. Deve-se, porém, considerar o nível de tolerância do produto ao CO₂, sem que ocorra efeito tóxico. As concentrações de CO₂ na atmosfera da embalagem têm ação antimicrobiana decorrente dos seguintes efeitos (FARBER, 1991):

- Inibição direta de enzimas ou decréscimo nas taxas de reações.
- Alteração das membranas celulares, com efeito na captação e absorção de nutrientes.
- Penetração nas membranas das bactérias, com modificação no pH intracelular.
- Modificação nas propriedades físico-químicas das proteínas.

A sanificação de alface com diferentes agentes demonstrou que o uso de hipoclorito de sódio (150 ppm de cloro disponível) e de água eletrolisada acídica (pH = 2,6; potencial redox 1140 mV e 30 ppm de cloro disponível) reduziu a contagem de aeróbios em 10^2 UFC.g⁻¹ após dez minutos de imersão. Essas soluções removeram bactérias aeróbias, coliformes, fungos e leveduras da superfície da alface. No entanto, observou-se por microscopia eletrônica que, após a descontaminação, havia microorganismos residuais dentro dos estômatos e no tecido celular, ou formando biofilme na superfície da alface. Os esporos de bactérias presentes na superfície não foram removidos por esses tratamentos e a estrutura da superfície da alface não foi danificada (KOSELI *et al.*, 2001).

Os valores-limites para a presença de microorganismos podem ser conhecidos pela consulta à Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) – Resolução RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001 –, que estabelece, por exemplo, a ausência de *Salmonella* e que os coliformes totais, que são indicadores do grau de higiene, têm contagem limite de 10^2 UFC.g⁻¹ de produto.

As análises microbiológicas para identificação e quantificação da microbiota normal, contaminante e patogênica, devem ser realizadas periodicamente na matéria-prima e no produto após o processamento e armazenamento. Também devem ser realizadas análises periódicas da água de irrigação.

Novas técnicas estão sendo testadas com o uso de embalagens de hortaliças minimamente processadas, em atmosferas contendo concentrações elevadas de O₂, entre 70% e 100% (DAY, 1996). Esse tipo de atmosfera é chamado de “choque gasoso” ou “choque por O₂” e apresenta como respostas: inibição do escurecimento enzimático; prevenção de reações anaeróbicas fermentativas; e inibição de crescimento de microorganismos aeróbicos e anaeróbicos.

As pesquisas têm demonstrado que apenas atmosferas próximas a 100 Kpa ou pressões mais baixas (40 Kpa O₂) em combinação com CO₂ (15 KPa) são realmente efetivas para controlar o crescimento de microorganismos sobre o produto. Essas condições não são práticas para uso comercial, pois em concentrações elevadas o O₂ é inflamável e de uso perigoso. Além do mais, o tratamento com superatmosferas de O₂ tem efeito variável de acordo com o produto, havendo necessidade de mais pesquisas quanto ao seu uso em minimamente processados (KADER e BEN-YEHOSHUA, 2000).

A microbiologia “preditiva” usa modelos para determinar respostas do alimento, relacionando os parâmetros intrínsecos e extrínsecos com o crescimento microbiano e prevendo a cinética de crescimento do microorganismo sob condições definidas. A adoção de métodos combinados para a preservação de alimentos fundamenta-se na teoria do uso de obstáculos ao desenvolvimento microbiano, sendo uma das práticas mais eficientes para a obtenção de alimentos de uso seguro.

6. Uso de aditivos químicos

A regulação dos sistemas enzimáticos que atuam nas reações de degradação e a eficiência dos diferentes métodos de controle dessas reações ainda deixam a desejar. Muitas substâncias químicas de uso permitido em alimentos vêm sendo testadas em produtos minimamente processados.

A inibição da PPO é uma das maneiras mais eficientes para o controle do escurecimento. Os inibidores podem ser análogos estruturais dos substratos da PPO (catecol, hidroquinona, resorcinol), podem atuar como antioxidantes (BHA, BHT, ácido ascórbico, ácido cítrico, EDTA), ou podem ser substâncias que reagem com as quinonas, como a cisteína (CASTAÑER *et al.*, 1996).

O uso de aditivos químicos em geral é pouco eficiente para o prolongamento da vida útil de alface minimamente processada, embora algumas pesquisas venham sendo desenvolvidas, notadamente com o uso dos ácidos ascórbico e cítrico, EDTA e cloreto de cálcio, que têm ação decorrente das seguintes propriedades.

Ácido ascórbico – previne o escurecimento enzimático e outras reações oxidativas. Em adição com o ácido cítrico, tende a manter o pH do meio mais estável. Também atua como seqüestrador (quelante) de enzimas oxidativas como a PPO. É indicado na concentração de 0,2% para prevenção de reações oxidativas. O ácido eritórbico é um isômero do ácido ascórbico com propriedades antioxidantes semelhantes, porém cerca de cinco vezes mais barato.

Ácido cítrico – usado como sinergista em conjunto com outros antioxidantes como o ácido ascórbico. Previne o escurecimento enzimático pela ação do PPO e da POD. A concentração varia entre 0,1% e 0,3% com outro antioxidante na concentração de 100 ppm a 200 ppm.

EDTA – o ácido etileno diaminotetracético e seus sais são agentes quelantes que auxiliam na retenção da textura, na manutenção da cor e do “flavor”. Forma complexos altamente estáveis pela ação sobre sais de ferro, cobre e cálcio. A ação quelante máxima ocorre em pH elevado.

Cloreto de cálcio – atua retardando a senescência dos tecidos vegetais, por auxiliar na manutenção da estrutura das paredes celulares, conferindo-lhes textura mais firme.

Os resultados de pesquisas com o uso de aditivos químicos são algumas vezes contraditórios. Bolin e Huxsoll (1991) observaram aumento de cerca de 10% na vida de prateleira de alface minimamente processada submetida à imersão em solução de ácido ascórbico a 0,5%. No entanto, Berger *et al.* (1997) não observaram nenhum efeito desse ácido sobre as características sensoriais da alface lisa minimamente processada, após imersão em solução a 1% (p./v.) por um minuto.

Em discos da nervura central de folhas da alface Iceberg, a inibição do escurecimento apresentou melhores resultados com a aplicação de soluções de ácido acético nas concentrações de 10 mL/L, 50 mL/L e 100 mL/L e de vinagre na proporção de 60 mL/L. O decréscimo no pH é importante, pois as soluções de ácido acético (pH = 2,3 a 2,8) resultaram em melhor inibição que as de ácido cítrico (pH = 1,67 e 2,25), possivelmente pela diferença de difusão nos tecidos (CASTAÑER *et al.*, 1996).

Experimentalmente, tem sido demonstrado que as substâncias inibidoras da FAL afetam o metabolismo fenilpropanóide, mas não previnem o desenvolvimento de RS decorrente da exposição dos tecidos ao etileno. Essas observações indicam que o desenvolvimento das lesões pelo RS é independente do aumento da atividade desta enzima e do acúmulo de fenólicos que contribuem para o escurecimento (PEISER *et al.*, 1998a e 1998b). Os inibidores da PAL que também previnem o escurecimento são o OAA (ácido α -aminooxiacético), o AIP (ácido 2-aminoindan-2-fosfônico) e o AOPP (ácido α -aminooxi- β -fenilpropiónico), que atuam tanto nos tecidos intactos como nos cortados. No entanto, esses produtos não têm uso permitido em alimentos.

Os compostos de uso permitido e que inibem o escurecimento enzimático nem sempre são efetivos em alface, e, quando o são, como o cloreto de cálcio, que pode reduzir o escurecimento em alface minimamente processada, não são usados comercialmente. O escurecimento é usualmente inibido pelo uso de embalagem com modificação da atmosfera e de baixa temperatura.

7. Referências bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução – RDC n. 12, de 2 de janeiro de 2001. In: SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. 2. ed., São Paulo: Varela, 2001, p. 269-297.

ALBRECHT, J. A. Ascorbic acid and retention in lettuce. **Journal of Food Quality**, Westport, v. 16, n. 4, p. 311-316, 1993.

BALLANTYNE, A.; STARK, R.; SELMAN, J. Modified atmosphere packaging of shredded lettuce. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 23, p. 267-274, 1988.

BARRY-RYAN, C.; O'BEIRNE, D. Ascorbic acid retention in shredded Iceberg lettuce as affected by minimal processing. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 64, n. 3, p. 498-500, 1999.

BERGER, H.; GALLETI, L.; ESCALONA, V.; SÁENZ, C. Modified atmosphere and ascorbic acid for minimally processed lettuce. In: GORNY, J. R. (Ed.). **Fresh cut fruits and vegetables and MAP**. Davis: University of California, 1997. p. 16-22. (Proceedings, 5). Postharvest Horticultural Series, 19.

BOLIN, H.; HUXSOLL, C. Effects of preparation, procedures and storage parameters on quality retention of salad-cut lettuce. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 56, n. 4, p. 60-67, 1991.

BOLIN, H.; STAFFORD, A.; HUXSOLL, C. Factors affecting the storage stability of shredded lettuce. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 42, n. 8, p. 1319-1321, 1977.

BRECHT, J. K. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. **Hortscience**, Alexandria, v. 30, n. 1, p. 18-22, 1995.

CANTWELL, M. Postharvest handling systems: minimally processed fruits and vegetables. In: KADER, A. A. (Ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. 2 ed. Davis: UCD, Division of Agriculture and Natural Resources, 1992. p. 277-281.

CANTWELL, M.; SUSLOW, T. **Lettuce**: crisphead or Iceberg. Disponível em: <<http://postharvest.ucdavis.edu/produce/producefacts/veg/lettuce.html>>. Acesso em: 2 maio 2003.

CARDOSO, F. Alface atinge limite de excelência. **Frutas & Legumes**, São Paulo, v. 1, n. 6, p. 7-13, 2000.

CARDOSO, F. Cultivo hidropônico: o resultado compensa o investimento. **Frutas & Legumes**, São Paulo, v. 2, n. 9, p. 22-27, 2001.

CASTAÑER, M.; GIL, M. I.; FERRERES, G. F., ARTÉS, F.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A. Effect of modified atmospheres on anthocyanin stability and other phenolic metabolites during storage of minimally processed red lettuce. In: GORNY, J. R. (Ed.). **Fresh-cut fruits and vegetables and MAP**. Davis: University of California, 1997. p. 134-138. (Proceedings, 5). Postharvest Horticultural Series, 19.

CASTAÑER, M.; GIL, M. I.; ARTÉS, F.; TOMÁS-BARBERÁN, F. Inhibition of browning of harvested head lettuce. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 61, n. 2, p. 314-16, 1996.

CEASA Campinas. **Alface: padronização**. Disponível em: <http://www.ceasa.com.br/padronizacao_alface.htm>. Acesso em: 10 mar. 2007

COUTURE, R.; CANTWELL, M. I.; KE, D. ; SALTVEIT, M. E. Physiological attributes related to quality attributes and storage life of minimally processed lettuce. **Hortscience**, Alexandria, v. 28, n. 7, p. 723-725, 1993.

DAREZZO, H. M. Processamento mínimo de alface (*Lactuca sativa* L.). In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa. **Palestras...** Viçosa, MG: UFV, 2000. p. 117-124.

DAY, B. P. F. High oxygen modified atmosphere packaging for fresh prepared produce. **Postharvest News and Information**, Wallingford, v. 7, n. 3, p. 1N-34N, 1996.

FDA/CFSAN. Microbiological safety of controlled and modified atmosphere packaging of fresh and fresh-cut produce. 2001. 48 p. Disponível em: <<http://www.cfsan.fda.gov/~comm/ift3-6.html>>. Acesso em 2 maio 2003

FAQUIN, V.; FURNITI NETO, A. E.; VILELA, I. A. A. **Produção de alface em hidroponia**. Lavras: UFLA. Departamento de Ciência do Solo, 1996. 50 p.

FARBER, J. M. Microbiological aspects of modified atmosphere packaging technology – a review. **Journal of Food Protection**, Ames, v. 54, n. 1, p. 58-70, 1991.

FREIRE Jr., M. **Efeito da temperatura de armazenamento e da atmosfera modificada na qualidade de alface hidropônico cv. Regina minimamente processado**. 1999. 120 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 1999.

FUGITA, S.; TONO, T.; KAWAHARA, H. Purification and properties of polyphenoloxidase in head lettuce (*Lactuca sativa*). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 55, p. 643-651, 1991.

GORNY, J. R. A summary of CA and MA requirements and recommendations for fresh-cut (minimally processed) fruits and vegetables. In: GORNY, J. R. (Ed.). **Fresh-cut fruits and vegetables and MAP**. Davis: University of California. 1997. p. 30-56. (Proceedings, 5). Postharvest Horticultural Series, 19.

HAMZA, F.; CASTAGNE, F.; WILLEMOT, C.; MAKHLOUF, J. Storage of minimally processed romaine lettuce under controlled atmosphere. **Journal of Food Quality**, Westport, v. 19, n. 3, p. 177-188, 1996.

HEATON, J. W.; LENCKI, R. W.; MARANGONI, A. G. Kinetic model for chlorophyll degradation in green tissue. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 44, n. 2, p. 399-402, 1996.

HEIMDAL, H.; LARSEN, L. M.; POLL, L. Characterization of polyphenoloxidase from photosynthetic and vascular lettuce tissues (*Lactuca sativa*). **Journal of the Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v. 42, p. 1428-1433, 1994.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estudo nacional da despesa familiar**: tabelas de composição dos alimentos. Rio de Janeiro: IBGE, 1977. v. 3, 201 p.

KADER, A. A. Factors affecting respiration rate. In: WEISCHMANN, J. (Ed). **Postharvest physiology of vegetables**. New York: Marcel Dekker, 1987. p. 32-43.

KADER, A. A.; BEN-YEHOSHUA, S. Effects of superatmospheric oxygen levels on postharvest physiology and quality of fresh fruits and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 20, n. 1, p. 1-13, 2000.

KE, D.; SALTVEIT, M. E. Wound – induced ethylene production, phenolic metabolism and susceptibility to russet spotting in iceberg lettuce. **Plant Physiology**, Rockville, v. 76, p. 412-418, 1989.

KLEIN, B. P. Nutritional consequences of minimal processing of fruits and vegetables. **Journal of Food Quality**, Connecticut, v. 10, n. 1, p. 179-193, 1987.

KOSELI, S.; YOSHIDA, K.; ISOBE, S.; ITOH, K. Decontamination of lettuce using acidic electrolyzed water. **Journal of Food Protection**, Ames, v. 64, n. 5, p. 652-658, 2001.

LÓPEZ-GÁLVEZ, G.; SALTVEIT, M.; CANTWELL, M. The visual quality of minimally processed lettuces stored in air or controlled atmosphere with emphases on romaine and iceberg types. **Postharvest biology and Technology**, Amsterdam, v. 8, n. 1, p. 179-190, 1996.

McDONALD, R. E.; RISSE, L. A.; BARMORE, C. R. Bagging chopped lettuce in selected permeability films. **Hortscience**, Alexandria, v. 25, n. 6, p. 671-673, 1990.

MENDEZ, M. H. M.; DERIVI, S. C. N.; RODRIGUES, M. C. R.; FERNANDES, M. L. **Tabela de composição de alimentos**. Niteroi: EDUFF, 1992, 40 p.

MORETTI, C. L. Processo de produção. In: EMBRAPA INFORMAÇÃO E TECNOLOGIA. **Iniciando um pequeno grande negócio agroindustrial: hortaliças minimamente processadas**. Brasília: 2003. p. 14-15. (Série Agronegócios).

PEISER, G.; LÓPEZ-GÁLVEZ, G.; CANTWELL, M.; SALTVEIT, M. E. Phenylalanina ammonia lyase inhibitors control browning of cut lettuce. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 14, n. 2, p. 171-177, 1998a.

PEISER, G.; LÓPEZ-GÁLVEZ, G.; CANTWELL, M.; SALTVEIT, M. E. Phenylalanina ammonia lyase inhibitors do not prevent russet spotting lesion development in lettuce midribs. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 123, n. 4, p. 687-691, 1998b.

ROSA, Q. O.; CARVALHO, E. P. de. Características microbiológicas de frutos e hortaliças minimamente processados. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 37, n. 2, p. 84-92, 2000.

SIGRIST, J. M. M. **Estudos fisiológicos e tecnológicos de couve-flor e rúcula minimamente processadas**. 2003. 112 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – ESALQ/USP, Piracicaba, SP, 2003

SMITH, A. B.; TALASILA, P. C.; CAMERON, A. C. An ethanol biosensor can detect low-oxygen injury in modified atmosphere packages of fresh-cut produce. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 15, n. 2, p. 127-134, 1999.

TOMÁS-BARBERÁN, F. A.; LOAIZA-VELARDE, J.; BONFANTI, A.; SALTVEIT, M. E. Early wound – and ethylene induced changes in phenylpropanoid metabolism in harvested Lettuce. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 122, n. 3, p. 399-404, 1997.

VAROQUAX, P.; MAZOLLIER, J.; ALBAGNAC, G. The influence of raw material characteristics on the storage life of fresh-cut butterhead lettuce. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 9, n. 1, p. 127-139, 1996.

WEICHMANN, J. **Postharvest physiology of vegetables**. New York: Marcel Dekker, 1987. 597 p. (p. 5 e p. 33).

WILEY, R. C. (Ed.). **Minimally processed refrigerated fruits & vegetables**. New York: Chapman & Hall, 1994. 368 p.

Capítulo 17

Processamento mínimo de batata

Lívia L. O. Pineli

Celso L. Moretti

1. Introdução

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é um tubérculo originário da região andina, no continente sul-americano (HORTON, 1987), levada à Europa pelos espanhóis no século XVI. Por suas qualidades nutritivas e por se adaptar facilmente a qualquer tipo de solo, em pouco tempo seu consumo tornou-se generalizado em todo o mundo. Atualmente pode ser encontrada nos mais diferentes pratos da cozinha internacional.

A batata é o terceiro alimento mais consumido no mundo, após o arroz e o trigo, e compõe a base alimentar de vários países. Nos países europeus, cerca de 6% da energia calórica, 5% das proteínas, 8% do ferro, 9% da riboflavina e 34% do ácido ascórbico são provenientes da batata (PEREIRA, 1987). Nos Estados Unidos da América, o consumo *per capita* de batata é superior ao consumo de cereais, de frutas e das demais hortaliças, sendo inferior apenas ao consumo de aves e de ovos. A batata contribui com cerca de 2% das necessidades protéicas da população norte-americana.

A bataticultura é uma das explorações agrícolas com maior produção de energia e proteína por hectare / dia, com média de 2,1% de proteína total, o que corresponde a 10,4% do peso seco do tubérculo. Isto pode ser considerado excelente, se se levar em conta que o trigo e o arroz apresentam percentuais de 13% e 7,5%, respectivamente. Considerando-se as produções e os teores de proteína, as batatas podem render cerca de 300 kg de proteína por hectare, o trigo, 200 kg, e o arroz, 168 kg.

O cultivo da batata no Brasil nos últimos dez anos apresentou grande aumento de produtividade, percebido por meio do decréscimo de 9% da área cultivada e do aumento de 8% da produção. A batata está entre os dez principais produtos agrícolas brasileiros, sendo a hortaliça mais importante para a economia nacional, com faturamento superior a um bilhão de reais e com mais de trezentos mil empregos diretos e indiretos gerados.

A bataticultura no País colhe três safras distintas. A safra de inverno, de agosto a novembro, foi a que mais cresceu em área plantada, em decorrência do bom desempenho econômico e de melhores preços (GODOY, 2001).

O aumento da oferta de batata no Brasil nos últimos anos pode viabilizar o crescimento da atividade agroindustrial de processamento desse tubérculo. De acordo com Berbari e Aguirre (2002), o volume de batatas processadas no Brasil está longe dos números de países como os Estados Unidos da América. Enquanto apenas 3% a 5% dos produtores brasileiros entregam seu produto às indústrias, os norte-americanos processam 2/3 de sua produção, estimada em 23 milhões de toneladas, o que corresponde a aproximadamente dez vezes a produção brasileira.

Segundo Zerio *et al.* (2003), a produção brasileira de batatas pré-fritas congeladas é historicamente baixa em relação ao volume importado do produto.

Aproximadamente dez por cento das agroindústrias de batata brasileiras estão envolvidas na produção de pré-fritas congeladas. Com a entrada em funcionamento, em novembro de 2006, de uma empresa nacional localizada em Minas Gerais, aproximadamente 35% da batata pré-frita congelada consumida passará a ser produzida no País (ABBA, 2006).

Cerca de 120 mil toneladas desse tipo de batata, em embalagens de 0,5 kg, 1 kg e 5 kg, foram importadas em 2006 (ABBA, 2006), sendo os principais fornecedores os Estados Unidos, Holanda, Canadá, França e Argentina. O dado evidencia a existência de grande demanda interna, varejista e institucional, que está sendo parcialmente atendida por empresas nacionais de congelados e minimamente processados. Pesquisa realizada pela Associação Brasileira da Batata (ABBA), em 2000, com 302 consumidores, revelou que 82% preferem batatas frescas, que incluem batatas minimamente processadas, a batatas pré-fritas congeladas.

No Brasil, a comercialização de batata minimamente processada é ainda incipiente, não havendo dados estatísticos disponíveis. A tendência no Brasil é de expansão desse segmento de mercado, considerando-se o consumo de 15 kg *per capita* de batata / ano no país, a sua importância na dieta brasileira e a comodidade e o frescor oferecidos pelo produto minimamente processado. A implantação de unidades de processamento mínimo de batatas para fritura custa menos do que a implantação de unidades agroindustriais para a produção de batatas pré-fritas congeladas (BERBARI e AGUIRRE, 2002).

Segundo a Fresh-Cut Magazine (2000), batatas minimamente processadas são extremamente populares na Europa, onde a maioria dos supermercados comercializa o produto diariamente. Os produtos incluem batatas inteiras e descascadas, fatiadas e redondas. Os restaurantes são os grandes usuários do formato "chateau" (arredondado). "Pommes parisienne", um tipo especial de batata cortada na forma redonda, assim como outros tipos de batatas minimamente processadas, foram introduzidos nos Estados Unidos e Canadá a partir de 2000, com resultados bastante favoráveis.

Há também demanda no setor de refeições coletivas e de empresas de "catering", onde a praticidade da batata minimamente processada implica menor custo final de produção, padronização, menos manipulação do produto, menor geração de resíduos dentro das cozinhas e diminuição de custos com estocagem, mão-de-obra, lixo, perdas, desperdício e manutenção.

De acordo com Tudela *et al.* (2002a), há um grande interesse no valor nutricional dos alimentos e na compreensão de qual a contribuição de cada um para as necessidades diárias de nutrientes das pessoas e de como o processamento e a conservação podem afetar esses nutrientes. Os produtos minimamente processados, por sofrerem poucas alterações, encontram a preferência dos consumidores. E a batata é um desses produtos, que alia conveniência e qualidade do produto fresco.

2. Fluxograma e descrição das etapas do processamento mínimo de batata

É apresentado a seguir o fluxograma do processamento mínimo de batatas e logo depois descritas detalhadamente as principais etapas envolvidas no processo (Figura 1).

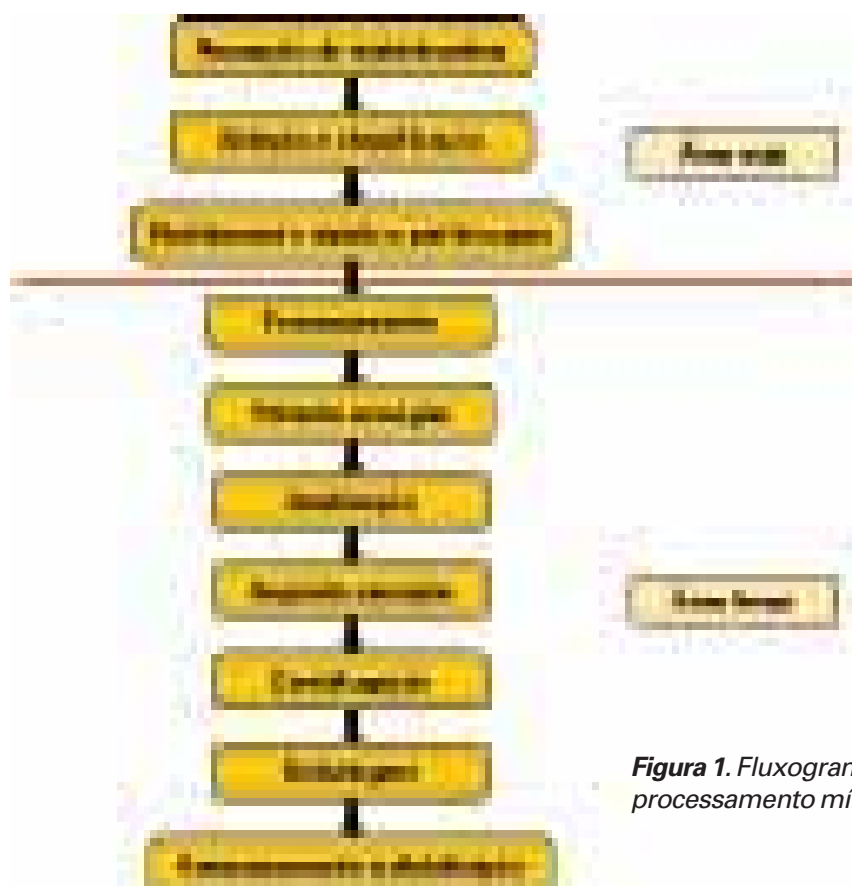


Figura 1. Fluxograma do processamento mínimo de batata.

2.1 Recepção da matéria-prima

Segundo Moretti (2000), o sucesso do produto minimamente processado depende da obtenção de matéria-prima de excelente qualidade. Desde a condução da lavoura exigem-se cuidados especiais, particularmente quanto à nutrição mineral, aos controles fitossanitários e ao manejo de água e do solo. A colheita deve ser feita no ponto ótimo de maturidade hortícola do produto, o que varia de acordo com condições climáticas, o solo e a cultivar.

A batata tem alta susceptibilidade a injúrias de impacto e a abrasões, constituindo a colheita um ponto crítico para a obtenção de matéria-prima de qualidade (CALBO, 2003). As batatas devem ser colhidas com as ramas secas, já senescentes e prostradas, que é quando os tubérculos apresentam fortalecimento da periderme e grau de maturidade fisiológica adequado (FONTES e FINGER,

2000). No Brasil, os produtores de batata adotam como prática a destruição da folhagem por processo químico aos noventa dias de cultivo, não deixando a plantação completar o seu ciclo, de aproximadamente cento e vinte dias, para evitar alta porcentagem de tubérculos muito grandes e com rachaduras.

Após o arrancamento, os tubérculos permanecem no campo por cerca de duas horas, para secagem inicial e perda da água superficial. Em seguida, são lavados, escovados, postos a secar sob ventilação, classificados em peneiras quanto ao tamanho e selecionados quanto à qualidade. A cultivar e o tamanho mais adequado para processamento mínimo da batata dependem da forma e da finalidade do produto final a ser obtido.

Batatas para processamento mínimo destinadas à fritura devem ter teor de sólidos solúveis superior a 20% e teor de açúcares redutores menor que 3% (BERBARI e AGUIRRE, 2002). Esses atributos resultam em batatas fritas mais crocantes, secas e com menor ocorrência de escurecimento não-enzimático durante o aquecimento. Por outro lado, não há requerimentos específicos para batatas que se destinam à cocção, podendo-se processar qualquer cultivar para essa finalidade. Entretanto, os aspectos econômicos e de oferta ao longo do ano devem ser relevantes na escolha da matéria-prima.

No Brasil, predomina atualmente a cultivar Monalisa. A cultivar Ágata tem-se mostrado bastante promissora, em função da boa aparência dos seus tubérculos, atributo bastante exigido pelos consumidores. Todavia, a escassez de batatas-sementes entrava o processo de substituição de áreas de Monalisa por Ágata. Áreas menores são plantadas com outras cultivares, nas quais se destacam Bintjie e Atlantic, com altos teores de sólidos, destinadas à industrialização em forma de "chips", palha e, em menor escala, batata pré-frita. Quanto ao tamanho, é necessário avaliar o formato do produto final, para que as perdas durante o corte sejam menores.

Na Europa, o processo de corte arredondado da batata, conhecido por "torneamento", tem-se mostrado muito interessante, por dar aos produtores e processadores a possibilidade de agregar valor a batatas pequenas, que apresentam baixo valor de mercado. Para cortes em bastão ou palito, as batatas devem ser maiores e a cultivar deve ser idealmente mais alongada e ter forma regular, pois eventuais curvas ou depressões na superfície do tubérculo comprometem a padronização das unidades.

Considerando-se a matéria-prima disponível no Brasil e o preço dos tubérculos, identificam-se como matéria-prima adequada para o processamento mínimo os tubérculos com classificação "primeirinha" e "diversas". Entende-se por "primeirinha" as batatas que passaram pela peneira de 45 mm, mas foram retidas pela peneira de 38 mm e foram selecionadas positivamente quanto à qualidade e a aparência. "Diversas" são as batatas retidas pelas peneiras de 45 mm e de 38 mm com um ou mais defeitos, tais como rachaduras, pequenas lesões da periderme, crescimento secundário ou outros distúrbios, que não são

aceitos pelo consumidor, mas que não comprometem a qualidade do tubérculo para fins culinários ou industriais. Tanto a batata classificada como “primeirinha” quanto a classificada como “diversas” têm valor inferior de mercado, sendo usadas por cozinhas industriais e unidades de processamento.

2.2 Seleção e classificação

Nesta etapa são removidos eventuais materiais indesejáveis e tubérculos danificados ou com podridão. É feita a classificação por aparência e tamanho, visando à adequação da matéria-prima ao processamento.

2.3 Resfriamento rápido e pré-lavagem

Os tubérculos são lavados com água tratada limpa e de boa qualidade, para a remoção de matéria orgânica e impurezas provenientes do campo, que ficam aderidas à periderme. Deve-se usar preferentemente água à baixa temperatura, que propicia a redução da temperatura inicial do produto, reduzindo seu metabolismo, contribuindo para o resfriamento rápido dos tubérculos.

2.4 Processamento

O processamento de batata é particular para cada produto que se vise a fabricar. No caso de batatas em palitos ou em cubos, é feito o descascamento anterior ao corte em equipamento próprio. Uma das formas de fabricar batatas em bolinhas é usar tubérculos pequenos, cortando-os em forma de cubos de mais ou menos 3,0 cm de aresta. O uso de tubérculos maiores também é possível, podendo-se obter quatro cubos por unidade. Os cubos são submetidos posteriormente ao torneamento, em duas etapas.

A torneadora é um equipamento adaptado de um descascador de batatas, amplamente empregado no processamento de minicenouras, consistindo, em síntese, de dois tambores rotativos com lixas nas paredes internas e na base. No primeiro tambor, uma lixa mais grossa retira a periderme remanescente da etapa de corte e aparas as arestas, alcançando a forma esférica. O segundo tambor tem uma lixa mais fina, para alisamento da superfície das “bolinhas”.

As batatas em bastão podem ser obtidas por meio das mesmas operações, porém com os cortes do tubérculo nas dimensões de 2,5 cm x 2,5 cm x 6,0 cm. Após cada etapa, as batatas devem ficar imersas em água, para retardar o escurecimento. Também podem ser usadas soluções com inibidores de escurecimento (Figuras 2 e 3).

2.5 Primeiro enxágüe

O primeiro enxágüe tem por finalidade remover o suco celular extravasado com o rompimento das membranas celulares no momento do corte. A retirada dessa matéria orgânica é importante para que se iniba o crescimento de

microorganismos, que poderiam utilizá-la como meio de cultura. Além disso, se a matéria orgânica permanecer, poderá ocorrer reação com o cloro da solução sanitizante na etapa subsequente, levando à formação de compostos indesejáveis, além de reduzir a eficiência da solução.

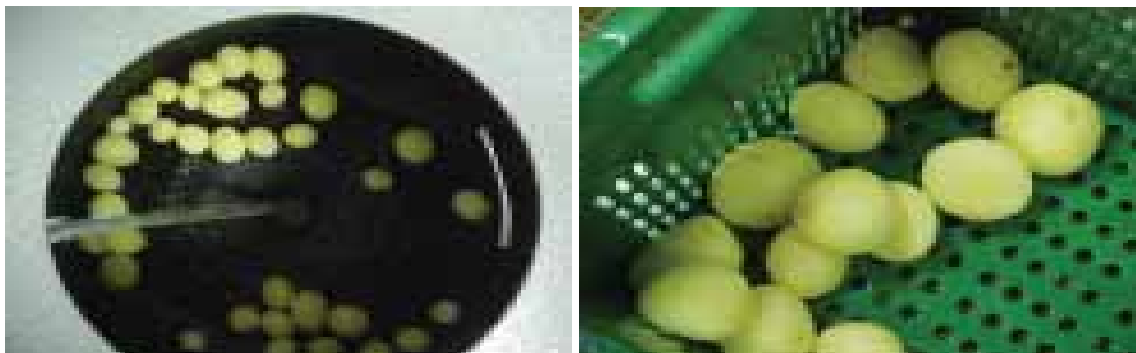


Figura 2 e 3. Batatas descascadas no tambor rotativo da torneadora (E) e aspecto do produto após o primeiro descascamento (D). (Fotos: Celso L. Moretti)

2.6 Sanitização

A sanitização consiste na imersão do produto cortado em solução clorada, com concentração de 100 mg e 150 mg de cloro ativo/L de água limpa, na temperatura de 0°C a 5°C, por aproximadamente dez minutos. A sanitização por cloro é geralmente efetiva, comparativamente barata, e pode ser implementada em operações de qualquer tamanho (MORETTI, 2000).

O cloro é um potente desinfetante, com forte propriedade oxidante. É solúvel em água, seja pela injeção de gás (Cl_2), ácido hipocloroso (HOCl) ou íons hipoclorito (OCl^-), em quantidades que variam com o pH da água. Os termos “cloro ativo” e “cloro livre” descrevem a quantidade de cloro em qualquer forma disponível para reações oxidativas e desinfecção. O pH da solução é de grande importância para a sua eficácia. Apesar de a concentração de ácido hipocloroso ser maior em pH 6,0, a melhor combinação de atividade e estabilidade é alcançada na faixa de pH 6.5-7.5. Em pH menor é liberado gás cloreto da solução (SUSLOW, 1997). Segundo Moretti (2000), o ajuste para a faixa ideal de pH pode ser feito pela adição de hidróxido de sódio e ácidos cítrico e isocítrico, em concentrações de 1 M ou subunidades (0,1 M e 0,01 M).

O cloro pode se oxidar incompletamente com materiais orgânicos, levando à formação de produtos indesejáveis como o clorofórmio (CHCl_3) e outros trihalometanos, que se suspeita serem potencialmente carcinogênicos. Em pH alcalino, o cloro reage com bases nitrogenadas para produzir cloraminas. A alta reatividade do cloro com matéria orgânica na presença de oxigênio reduz o teor de cloro ativo na água. Por isso, recomenda-se a troca da solução sanitizante após dois a três usos, quando o nível de cloro ativo for menor que 100mg de cloro ativo /L.

2.7 Segundo enxágüe

O produto deve ser enxaguado após o tratamento com cloro, num terceiro tanque, com água limpa e tratada (10 mL Cl ativo/ L água), preferencialmente a uma temperatura entre 0°C e 5°C, com vistas à minimização dos efeitos do corte sobre o metabolismo do tecido vegetal (MORETTI, 2000).

2.8 Centrifugação

Esta etapa visa a remoção do excesso de água acumulada na batata durante as etapas anteriores. O tempo de centrifugação é muito importante para que não haja água na superfície das batatas, o que poderia comprometer a qualidade do produto embalado a vácuo. O tempo ideal varia com o tipo de centrífuga e com a velocidade de rotação empregados (Figura 4).

Figura 4. Vista superior do processo de centrifugação de batatas minimamente processadas em centrífuga de aço inoxidável. (Foto: Celso L. Moretti)



2.9 Embalagem

De acordo com o IFT (1991), a embalagem de um alimento deve contê-lo e protegê-lo desde o local de produção até o ponto do consumo. Uma embalagem adequada pode ser definida como “um sistema que protege um produto perecível de danos físicos causados por manuseio ou pragas, de condições extremas de temperatura e de umidade ou de atmosferas que por elas mesmas contenham elementos que possam degradar o produto durante o transporte ou o armazenamento” (MYERS, 1989). A embalagem também é usada para identificar o produto, a marca de origem e outras informações importantes, como data de produção e de validade, instruções de preparo, informações nutricionais e modo de armazenamento (SCHLIMME, 1995).

Produtos minimamente processados necessitam de embalagem especial que auxilie na preservação da qualidade do produto fresco em seu interior. Esses produtos são mais perecíveis do que seus similares intactos, o que se traduz em

maior taxa respiratória, maior perda d'água e alterações fisiológicas mais rápidas e mais intensas. As embalagens para esses produtos, portanto, têm a função de retardar esses eventos fisiológicos, estendendo ao máximo a sua vida de prateleira. As embalagens de filmes poliméricos aplicam-se bem aos produtos minimamente processados, pois permitem perda mínima de umidade e reduzem a taxa respiratória dos vegetais (WILEY, 1994). Entretanto, seleção de polímeros, com certas propriedades de transmissão de gases e vapores a uma dada temperatura, é fundamental para o estabelecimento da atmosfera adequada ao metabolismo do vegetal no interior da embalagem.

Batatas minimamente processadas têm demandado pesquisas para se determinar a embalagem mais apropriada para a sua conservação. Vários trabalhos avaliaram os efeitos das embalagens e de diferentes atmosferas no escurecimento de batatas (LANGDON, 1987; DENNIS, 1993; MAGA, 1995; GUNES e LEE, 1997; LAURILA *et al.*, 1998a) e na composição nutricional (AHVENAINEN *et al.*, 1998; TUDELA *et al.*, 2002a, 2003).

Maga (1995) avaliou o efeito de dois agentes antiescurecimento associados a diferentes atmosferas (ar, vácuo, 20% CO₂ + 80% N₂, 80% CO₂ + 20% N₂) na qualidade de batatas inteiras descascadas, "chips" e em palitos, em embalagens de polietileno, concluindo que a embalagem a vácuo foi a mais efetiva, seguida da atmosfera composta por 20% CO₂ + 80% N₂.

Gunes e Lee (1997) demonstraram que uma modificação ativa da atmosfera na embalagem era necessária para estender a vida de prateleira de batatas, porém a atmosfera modificada por si só não era capaz de evitar o escurecimento. O tratamento por imersão em solução de agentes inibidores do escurecimento seria essencial em batatas minimamente processadas. Dentre as atmosferas estudadas, a de 100% N₂, em sacos de poliolefina multicamada, com alta permeabilidade, foi a mais eficaz.

Para Ahvenainen *et al.* (1998), a manutenção da qualidade de batatas descascadas foi tão satisfatória na embalagem de 80-mm náilon-polietileno a vácuo quanto em atmosfera de 20% CO₂ + 80% N₂. Entretanto, os níveis de Vitamina C no produto decresceram durante o armazenamento. De acordo com Laurila *et al.* (1998a), uma embalagem 80 mm PA-PE, com atmosfera de 20% CO₂ e 80% N₂, com ácidos cítrico e ascórbico como inibidores de escurecimento, proporcionou a melhor qualidade sensorial para batatas fatiadas, após sete dias de estocagem. A concentração de oxigênio no "head space" da embalagem era menor que 1,5% durante o sétimo dia de armazenamento.

Tudela *et al.* (2003) estudaram o efeito do processamento mínimo de batatas da cultivar Manon com subsequente armazenamento sob refrigeração a 4°C, sob diferentes atmosferas (ar, ar + 20% de CO₂, 100% N₂, e embalagem a vácuo), na atividade da enzima L-galactono- γ -lactona desidrogenase e no teor de Vitamina C. A embalagem a vácuo provou ser a melhor condição de embalagem, tendo evitado o escurecimento e retido 89% da Vitamina C, seguido das atmosferas 100% N₂ (78% retenção) e 20% CO₂ + ar (63% de retenção).

As embalagens para batatas minimamente processadas na forma de mini-batatas podem ser de náilon multicamadas com baixa permeabilidade a gases (Figura 5).

Figura 5. Batatas minimamente processadas e embaladas em filmes de náilon multicamadas. (Foto: Celso L. Moretti)



2.10 Armazenamento e distribuição

A qualidade dos vegetais *in natura* e o controle adequado ao longo de toda a cadeia do frio são os fatores mais significantes e que irão normalmente determinar a vida de prateleira de produtos minimamente processados (LIOUTAS, 1988).

Cantwell (2000) recomenda estocagem entre 0°C e 5°C para manter a qualidade e a segurança dos produtos minimamente processados. Entretanto, vegetais sensíveis ao frio têm maior vida de prateleira se estocados entre 2°C e 3°C. Considerando-se que as reações bioquímicas são catalisadas por enzimas, as alterações bioquímicas em produtos minimamente processados são, em parte, consequência do efeito da temperatura na atividade enzimática (Lei de Arrhenius). Quando os tecidos vegetais são estocados a temperaturas indutivas de injúria pelo frio (MARCELLIN, 1982), as estruturas internas das células desintegram-se e modificações bioquímicas ocorrem mais intensamente do que em controles submetidos a temperaturas superiores. Assim, a temperatura ótima de estocagem é aquela que minimiza a senescência dos tecidos e também retarda a descompartmentalização celular.

Deve-se considerar que determinadas cultivares de batatas apresentam maior acúmulo de açúcares redutores quando submetidas a baixas temperaturas, em função da degradação do amido, provavelmente pela enzima amidofosforilase, levando à liberação de glicose-1-P (FONTES e FINGER, 2000). O Sidney Postharvest Laboratory e Food Science, da Austrália, recomenda o intervalo de 4°C a 7°C como ótimo para o armazenamento de batatas *in natura* (SIDNEY, 2001), estando de acordo com alguns trabalhos com batatas minimamente processadas que também usaram temperaturas de armazenamento dentro desse intervalo para o produto (AHVENAINEN *et al.*, 1998; BUTA e MOLINE, 2001; CACACE *et al.*, 2002; CANTOS *et al.*, 2002; CHASSERY e GORMLEY, 1994; MAga, 1995; LAURILA *et al.*, 1998a; SAPERS e MILLER, 1992, 1993, 1995; TUDELA, 2002a, 2002b, 2003).

Durante o transporte, é importante a manutenção da cadeia do frio. Por isso, deve-se preferir o transporte em caminhões refrigerados, que mantêm a temperatura estável. No caso da inviabilidade econômica de uso desse tipo de transporte, recomenda-se o uso de caixas de isopor, previamente higienizadas com solução de hipoclorito de sódio (50 mg/L), com camadas de gelo em escamas (MORETTI, 2000).

A vida de prateleira de batatas minimamente processadas depende das características do produto; o tipo de corte, o tratamento antiescurecimento, a embalagem e a temperatura de armazenamento são os principais fatores que determinam a sua durabilidade. As combinações dessas características implicam tempos de validade que variam de sete dias (SAPERS e MILLER, 1992) a até cinquenta e oito dias (MAGA, 1995).

As batatas minimamente processadas podem ser distribuídas e comercializadas em pacotes de diversos tamanhos, dependendo do mercado-alvo. Batatas descascadas, fatiadas ou cortadas em palitos, bastões ou bolinhas são ideais em pacotes de 250 gramas e 300 gramas para o varejo. Para o mercado institucional, volumes maiores seriam mais adequados.

Os produtos devem ficar expostos em balcões refrigerados, com temperatura ao redor de 5°C. Deve-se evitar a variação de temperatura, para que não ocorra condensação de vapor d'água na superfície interna da embalagem. A comercialização em gôndolas abertas, com temperaturas que atingem 10°C, aumenta os riscos de toxinfecções alimentares (MORETTI, 2000).

3. Alterações fisiológicas

O processamento mínimo aumenta a perecibilidade do produto, comparativamente com o produto intacto, íntegro, dado o aumento da atividade metabólica e da descompartmentalização de enzimas e substratos, podendo resultar em escurecimento, perda de firmeza e desenvolvimento de "off-flavor" (GUNES e LEE, 1997; WATADA *et al.*, 1990; ROLLE e CHRISM, 1987).

3.1 Aumento da taxa de evolução de CO₂

A taxa respiratória de batatas minimamente processadas é influenciada pela temperatura, pela composição gasosa da atmosfera e pela extensão da injúria no tecido vegetal. Gunes e Lee (1997) observaram que o descascamento seguido de corte aumentou a taxa respiratória de batatas. Intactas, as batatas apresentaram taxa de evolução de CO₂ de 1,22 mL CO₂/Kg.h a 2°C, enquanto batatas descascadas e fatiadas apresentaram taxa de 2,55 mL e 6,1 mL CO₂/kg.h, respectivamente. Sugere-se que a maior taxa de evolução de CO₂ em batatas fatiadas possa ser resultado da remoção da periderme e de outras barreiras físicas à difusão de gases (ROLLE e CHRISM, 1987) e da degradação das membranas celulares, levando à oxidação de ácidos graxos livres, com liberação de CO₂ (BRECHT, 1995).

A temperatura exerce grande influência na taxa respiratória, podendo-se observar que uma variação no armazenamento, de 2°C para 10°C, pode acarretar aumento de três vezes na taxa respiratória de batatas em palitos (GUNES e LEE, 1997). A composição da atmosfera ao redor do produto também altera a atividade metabólica. Níveis reduzidos de O₂ reduzem a taxa respiratória de frutas e hortaliças frescas na proporção da concentração de O₂, o que se deve mais provavelmente à redução da atividade de oxidases, tais como polifenol oxidases, ácido ascórbico oxidase e ácido glicólico oxidase com baixa afinidade com o O₂, em benefício da citocromo oxidase, que tem alta afinidade com o O₂ (KADER, 1986).

Gunes e Lee (1997) relataram diminuição na taxa respiratória de 6,1 mL para 1,7 mL CO₂/kg.h, quando os níveis de O₂ foram reduzidos de 21% para 3%. Para Kader (1986), o aumento da concentração de CO₂ também diminui a taxa respiratória, pela inibição de determinados passos do Ciclo de Krebs, que atua na inativação de algumas enzimas.

3.2 Escurecimento

Batatas quando submetidas ao processamento tornam-se escuras rapidamente. Esta descoloração é oriunda de reações catalisadas por enzimas, sendo a mais importante a polifenol oxidase (PPO). A ação desta enzima em vários vegetais *in natura* acarreta perdas econômicas consideráveis, além da diminuição da qualidade nutritiva e alterações do sabor.

O escurecimento é iniciado com a oxidação de compostos fenólicos pelas PPO's. O produto inicial da oxidação é a quinona, que rapidamente se condensa, formando pigmentos escuros insolúveis, denominados melanina, ou reage não enzimaticamente com outros compostos fenólicos, aminoácidos e proteínas, também formando melanina. Essas reações ocorrem no tecido vegetal quando há ruptura da célula e a reação não é controlada, muito embora no tecido intacto de frutas e hortaliças possa também ocorrer o escurecimento, como em situações de inibição da respiração durante o armazenamento sob atmosfera controlada, de uso de embalagem imprópria, de deficiência de ácido ascórbico no tecido vegetal, de estocagem a frio e de radiação ionizante (ARAÚJO, 1999).

A enzima polifenol oxidase (1,2-benzenodiol:oxigênio oxidorreductase) possui cobre (Cu⁺⁺) no centro ativo e funciona como oxidase de função mista, catalisando dois diferentes tipos de reação. Na primeira função, monoxigenase, atua na hidroxilação de monofenóis para diidroxifenóis. Em seguida, na função oxidase, promove a oxidação dos difenóis para o-quinonas. A formação de quinona é dependente do oxigênio e da enzima. Uma vez formadas, as reações subsequentes ocorrem espontaneamente, não dependendo mais da enzima nem do oxigênio.

Os fatores mais importantes na evolução da taxa do escurecimento enzimático provocado pela polifenol oxidase (PPO) são a concentração de PPO ativa e de compostos fenólicos, o pH, a temperatura e o oxigênio disponível no

tecido. O pH ótimo da PPO varia com a fonte da enzima e com o substrato. Na maioria dos casos, o pH ótimo da PPO situa-se entre 6 e 7. O ajuste do pH por acidificação para valor menor ou igual a 4 controla o escurecimento enzimático, desde que se levem em consideração os aspectos sensoriais do produto (LAURILA *et al.*, 1998a).

As enzimas peroxidase (POD) e fenilalanina amônia liase (FAL) também são responsáveis pelo escurecimento de hortaliças minimamente processadas. A POD é uma enzima que contém um grupo heme e está relacionada com processos de cicatrização como, por exemplo, a lignificação (CANTOS *et al.*, 2002; LÓPEZ-SERRANO e RÓS-BARCELÓ, 1995). A POD promove a oxidação de compostos fenólicos na presença de peróxido de hidrogênio (DUNFORD e STILLMAN, 1976). A possível função da POD na formação da melanina tem sido questionada, dado o baixo teor de peróxido de hidrogênio nos tecidos vegetais. Entretanto, a liberação de peróxido de hidrogênio na oxidação de alguns compostos fenólicos, catalisada pela PPO, poderia indicar uma possível ação sinérgica entre essas duas enzimas, o que sugere a participação da POD nos processos de escurecimento (SUBRAMANIAN *et al.*, 1999).

A fenilalanina amônia liase (FAL) é uma enzima responsável pela biossíntese de fenilpropanóides. Cantos *et al.* (2002) observaram que a atividade da FAL aumenta após a injúria em todas as cultivares de batata submetidas ao processamento mínimo em palitos, o que é um comportamento típico dessa enzima em resposta ao "stress". Nesse caso, o escurecimento ocorre quando os produtos do metabolismo dos fenilpropanóides, como os compostos fenólicos e possivelmente outros substratos, são oxidados em reações catalisadas por fenolases, como a PPO e a POD (BRECHT, 1995). O etileno também induz a atividade da FAL, mas aparentemente por mecanismo diferente do processo de injúria (ABELES *et al.*, 1992).

A taxa de escurecimento em hortaliças minimamente processadas varia de acordo com fatores de pré e de pós-colheita. Um dos fatores pré-colheita é a cultivar. Diferentes cultivares de batata têm diferentes composições químicas, que promovem diferentemente o escurecimento de batatas preparadas. Entre os fatores pós-colheita, o transporte e a estocagem do material intacto têm mostrado afetar a taxa de escurecimento de batatas minimamente processadas. Pineli *et al.* (2005b) verificaram que o escurecimento de batatas minimamente processadas foi reduzido significativamente quando os tubérculos foram armazenados sob vácuo parcial, em comparação com o material armazenado em atmosfera modificada ativa (10%CO₂; 2% O₂; balanço N₂). Pineli *et al.* (2006) observaram que batatas 'Ágata' e 'Monalisa', armazenadas a 15°C apresentaram maior atividade das enzimas POD e PPO, quando comparadas com as mesmas cultivares armazenadas a 5°C.

Cantos *et al.* (2002) estudaram a correlação entre o grau de escurecimento e alguns atributos bioquímicos e fisiológicos de cinco cultivares de batatas, submetidas ao processamento mínimo em palitos, e concluíram que todas as cultivares apresentam diferentes níveis de susceptibilidade ao escurecimento,

embora não tenha sido possível estabelecer claramente uma correlação entre os atributos mencionados acima e o grau de escurecimento de cada cultivar.

Ahvenainen e Hurme (1994) estudaram várias cultivares de oito vegetais e concluíram que nem todas as cultivares de determinado vegetal podem ser usadas para o processamento. A escolha correta da cultivar é particularmente importante para cenouras, batatas, beterrabas e cebolas. Mondy e Munshi (1993) observaram que os problemas pós-colheita relacionados ao escurecimento enzimático de batatas podem ser superados por determinadas práticas agrônômicas no campo.

Entre os fatores pós-colheita, o armazenamento apropriado dos vegetais e o corte são vitais para a obtenção de um produto minimamente processado de qualidade (AHVENAINEN e HURME, 1994). O descascamento manual é menos agressivo do que o descascamento químico, o mecânico, por vapor em alta pressão ou por abrasão, e resulta em um produto menos susceptível ao escurecimento em relação aos demais casos. O escurecimento também aumenta proporcionalmente com o grau da injúria. Em condições ideais, batatas inteiras descascadas podem ser estocadas sem agentes inibidores de escurecimento por sete dias (AHVENAINEN *et al.*, 1998), o que não é possível com batatas em fatias (LAURILA *et al.*, 1998a).

Existem diversos métodos de prevenção e inibição de escurecimento que podem ser adotados com relativo sucesso. Teoricamente, o escurecimento provocado pela PPO em frutas e vegetais pode ser evitado pela inativação térmica da enzima, pela exclusão ou remoção de um ou de ambos os substratos (O_2 e fenóis), pelo abaixamento do pH em duas ou mais unidades abaixo do ponto ótimo ou pela adição de compostos que inibam a PPO ou a formação da melanina (WHITAKER e LEE, 1995). Muitos inibidores de escurecimento são conhecidos, mas apenas alguns são considerados potencialmente alternativos ao uso de sulfito (VAMOS-VIGYÁZÓ, 1981), sendo o ácido ascórbico um dos mais adequados para esse fim.

Sulfitos

Os sulfitos têm várias aplicações em alimentos, prevenindo os escurecimentos enzimáticos e não-enzimáticos, controlando o crescimento de microorganismos, atuando como agente antioxidante e outras funções técnicas (LAURILA *et al.*, 1998b). Entretanto, os sulfitos podem provocar a corrosão de equipamentos, a diminuição do valor nutricional, a perda de firmeza e a formação de “off-flavors” no produto processado. Além disso, alguns efeitos adversos à saúde estão sendo relacionados ao uso de sulfitos (LANGDON, 1987; McEVILY *et al.*, 1991), o que tem impulsionado a busca por alternativas à aplicação desse agente.

Ácido ascórbico

O ácido L-ascórbico, seus sais neutros e outros derivados, usados isoladamente ou em combinação com ácido cítrico, são tidos como antioxidantes para uso em frutas, vegetais e sucos, na prevenção de escurecimento e outras reações oxidativas (BAUERNFEIND e PINKERT, 1970; ARAÚJO, 1999). Assim como

o sulfito, o ácido ascórbico é um agente redutor capaz de promover a redução química dos precursores do pigmento responsável pelo escurecimento. Atua pela redução da o-benzoquinona a o-diidroxifenol ou pela inativação irreversível da PPO, sendo, portanto, consumido no processo. Adicionalmente, o ácido ascórbico remove O₂ do meio, indo a ácido dehidroascórbico, e promove a regeneração de antioxidantes, além de atuar sinergisticamente com agentes complexantes (ARAÚJO, 1999). Trata-se de um ácido moderadamente forte, redutor e hidrossolúvel.

Ácido eritrórbico

O ácido eritrórbico é o isômero D do ácido ascórbico, com propriedades antioxidantes semelhantes, embora não tenha atividade de vitamina C. Tem sido testado com sucesso em batatas fatiadas, em combinações com os ácidos cítricos e ascórbico (LAURILA *et al.*, 1998b; DENNIS, 1993), e em batatas inteiras descascadas por abrasão (LAURILA *et al.*, 1998b; SANTERRE *et al.*, 1991; PINELI *et al.*, 2005a). Adicionalmente, é uma alternativa de menor custo, sendo até cinco vezes mais barato que o ácido ascórbico (WILEY, 1994).

Ácido cítrico

O ácido cítrico é o principal ácido orgânico de frutas e hortaliças (WILEY, 1994; GARDNER, 1966). Agente quelante, atua sinergisticamente com os ácidos ascórbico e eritrórbico, e seus sais neutros, sendo capaz de complexar prooxidantes como o cobre do centro ativo da Polifenol oxidase (PPO), inativando-os. Em frutas congeladas, o ácido cítrico protege o ácido ascórbico da oxidação catalisada por metais (ARAÚJO, 1999). Sugere-se o uso de ácido cítrico nos níveis de 0,1% a 0,3%, com o antioxidante apropriado de 100 ppm a 200 ppm (DZIEZAK, 1986). A aplicação, por imersão, de ácido cítrico associado aos ácidos sórbico-benzóico em batatas minimamente processadas tem produzido resultados promissores (LAURILA *et al.*, 1998b; MATTILA *et al.*, 1995).

4-Hexilresorcinol

O 4-hexilrsorcinol é ingrediente ativo de um inibidor de escurecimento comercial, o EverFresh (LAMBRECHT, 1995), recentemente descoberto, patenteado (McEVILY *et al.*, 1991) e aprovado. Tem ação inibitória específica, pois interage com a PPO, impedindo-a de catalisar as reações de escurecimento, com bons resultados em camarões, maçãs, batatas e alface (MONSALVE-GONZÁLEZ *et al.*, 1993; WHITAKER e LEE, 1995; CASTAÑER *et al.*, 1996).

EDTA

O ácido etilenoamina tetracético (EDTA) é um agente complexante, usado em batatas em combinação com outros inibidores de escurecimento para ação sinérgica (DENNIS, 1993). Complexa agentes prooxidativos tais como cobre e íons ferro, por meio de um par não conjugado de elétrons em suas estruturas moleculares, que permite a ação de quelação ou complexação.

Aminoácidos sulfurados

Aminoácidos sulfurados previnem o escurecimento por reagirem com substratos fenólicos e quinonas para inibir a formação de compostos coloridos (SAPERS e MILLER, 1993; DUDLEY e HOTCHKISS, 1989). A aplicação desses aminoácidos em combinação com outros agentes tem sido amplamente estudada como alternativa efetiva ao uso dos sulfitos. Segundo Gunes e Lee (1997), uma mistura de L-cisteína (0,5%) e ácido cítrico (2%) previne, efetivamente, o escurecimento em batatas cortadas em palitos.

Molnar-Perl e Friedman (1990) constataram que a N-acetilcisteína e a glutatona reduzida foram mais efetivas que a L-cisteína e tão efetivas quanto os sulfitos no controle do escurecimento em batatas e maçãs. Batatas fatiadas, submetidas a tratamento de imersão em soluções com várias concentrações combinadas de 4-Hexilresorcinol, N-acetilcisteína e ácido cítrico, e armazenadas a 5°C, permaneceram sem escurecimento ou perda de firmeza por mais de vinte e um dias (BUTA e MOLINE, 2001).

Soluções de N-acetil-L-cisteína a 1%, ácido pentacético dietilenotriamina (DTPA) a 1% e ácido eritórbito a 5% + ácido cítrico a 1%, usadas para tratamento de batatas em palitos, com subsequente estocagem em atmosfera modificada entre 1°C e 6°C, foram eficazes no retardamento do escurecimento; o tratamento com ácidos cítrico e eritórbito foi o único a ser comparado favoravelmente com batatas frescas preparadas, após catorze dias a 1°C ou sete dias a 6°C (CACACE *et al.*, 2002). Os autores observaram ainda que o desempenho de todos os tratamentos foi fortemente afetado pela temperatura.

Enzimas

Algumas proteases mostraram ser inibidores de escurecimento bastante eficazes para maçãs e batatas (LABUZA *et al.*, 1992; LUO, 1992). Essas enzimas atuam por meio da hidrólise de uma ou mais enzimas responsáveis pelo escurecimento, inativando-as (LAURILA *et al.*, 1998b). Das proteases testadas, três de natureza vegetal mostraram ser efetivas: a ficina do figo, a papaína do mamão e a bromelina do abacaxi.

Todas são enzimas sulfuradas, com ampla especificidade. De acordo com Taokis *et al.* (1989), ficina foi tão efetiva quanto sulfitos no tratamento de batatas a 4°C, mas ligeiramente menos efetiva a 24°C. Papaína foi regularmente efetiva para batatas a 4°C, mas foi tão eficaz quanto sulfitos na prevenção do escurecimento em maçãs.

Revestimentos comestíveis

Um método interessante de prevenção do escurecimento enzimático é o uso de revestimentos comestíveis. Consiste na aplicação, sobre o alimento, de uma camada fina de um material que possa ser ingerido pelo consumidor, como parte do

produto, e que tenha o potencial de reduzir a perda de umidade, restringir o ingresso de oxigênio, diminuir a taxa respiratória, retardar a produção de etileno, conter a saída de compostos voláteis, além de carrear aditivos que retardam a descoloração, o escurecimento e o crescimento microbiológico (BALDWIN *et al.*, 1995).

A esse material podem ser adicionados antioxidantes, agentes quelantes e outras substâncias, com a finalidade de auxiliar na extensão da vida de prateleira do produto. Alguns microorganismos também podem ser adicionados a essas coberturas, para auxiliar na inibição do crescimento de alguns patógenos (BALDWIN *et al.*, 1996). A eficácia deste método já foi verificada em cogumelos (NISPEROS-CARRIEDO *et al.*, 1988), em maçãs em cubos (BALDWIN *et al.*, 1996; TONG e HICKS, 1991), em batatas (BALDWIN *et al.*, 1996), em pimentões (BALL, 1997) e em outras hortaliças.

Alguns polissacarídeos sulfatados, como carragena, sulfato de amilose e sulfato de xilana, mostraram ser coberturas efetivas em maçãs. Uma cobertura à base de celulose, combinada com antioxidantes, acidulantes e conservantes, prolongou a vida de prateleira de maçã e batata cortadas por uma semana, quando armazenadas a 4°C. Batatas em palitos também podem ser recobertas por uma combinação de cinco tipos diferentes de amido, com o objetivo de controlar a evaporação da água durante a fritura. Essa cobertura ainda permite que batatas frescas sejam congeladas e descongeladas e reduz a porcentagem de gordura que se incorpora às batatas durante a fritura, o que é interessante do ponto de vista dietético (GARCIA *et al.*, 2001). É fundamental dispor de informações técnicas sobre os materiais de revestimento, inclusive as propriedades mecânicas e de barreira, para que se alcance o desempenho adequado em cada alimento.

3.3 Alterações no valor nutricional

Batatas minimamente processadas apresentam alterações nutricionais, com repercussão no teor de aminoácidos essenciais, vitaminas, flavonóides, compostos fenólicos, açúcares e amidos. Em tubérculos de batata, açúcares e amido são os componentes primeiramente afetados pelo metabolismo pós-colheita. De acordo com Nourian *et al.* (2003), a degradação do amido ocorre rapidamente com a diminuição da temperatura, enquanto a variação dos açúcares totais e redutores está diretamente relacionada com o tempo de armazenamento.

A taxa de acúmulo de açúcares também depende, largamente, da variedade do tubérculo (SPYCHALLA e DESBOROUGH, 1990; KAZAMI *et al.*, 2000). As condições de baixa temperatura resultam em acúmulo de ATP no tecido de batata e acarretam a ativação da via alternativa, respiração resistente ao cianeto, que diminui os níveis de ATP e simultaneamente incrementa as concentrações de sacarose, provavelmente via fosforilase (ISHERWOOD, 1973; BARKER, 1968). A sacarose torna-se o substrato da invertase ácida vacuolar, que originará o acúmulo de açúcares redutores (DUPLESSIS *et al.*, 1996). A indução do acúmulo de açúcares pelo frio estaria ainda relacionada com a deterioração das membranas dos amiloplastos (OHAD *et al.*, 1971). De acordo com SOLOMOS e LATIES (1975), o aumento do etileno também resulta em incrementos de açúcares em batatas.

A vitamina de maior importância em batatas é a vitamina C. Apesar de conter um teor modesto (10 mg – 30 mg / 100 g MF), batatas são a maior fonte de vitamina C na dieta ocidental, por causa das grandes quantidades consumidas (TUDELA *et al.*, 2002a; DAVEY *et al.*, 2000). O teor de vitamina C em batatas varia de acordo com a cultivar, com as práticas agrícolas, colheita e condições de estocagem. Ao contrário da maioria dos vegetais, batatas minimamente processadas são capazes de reter seu teor inicial de vitamina C, total ou parcialmente, uma vez que as perdas decorrentes de processos de oxidação são compensadas pelo aumento na biossíntese de ácido ascórbico (TUDELA *et al.*, 2002a; MONDY e LEJA, 1986; ASSELBERGS e FRANCIS, 1952).

Esse aumento pode estar correlacionado com a maior atividade da enzima L-galactono- γ -lactona desidrogenase (GLDH) em tecidos de batata injuriados (OBA *et al.*, 1994; FUKUDA *et al.*, 1995), que catalisa o passo final da biossíntese de ácido ascórbico (MUTSUDA *et al.*, 1995; OBA *et al.*, 1994). Além disso, o aumento da atividade respiratória leva à degradação do amido, com acúmulo de glicose, substrato requerido nesse processo. Segundo Tudela *et al.* (2002a; 2003), diferentes tipos de embalagens e condições de armazenamento influem no teor final da vitamina C, verificando-se redução após seis dias de armazenamento.

A melhor embalagem estudada para retenção de vitamina C foi a embalagem a vácuo (89% de retenção), seguida por embalagem com atmosfera modificada com 100%N₂ (78% de retenção) e embalagem com atmosfera modificada com 20% CO₂ + ar (63%), armazenadas a 4°C. A retenção da Vitamina C é maior em batatas minimamente processadas do que em batatas congeladas a -22°C, indicando que o processamento mínimo é menos agressivo à qualidade nutricional do alimento do que o congelamento.

Outras reações anabólicas e catabólicas ocorrem em batatas minimamente processadas, tais como a indução de enzimas oxidativas e a biossíntese de antioxidantes flavonóides e derivados do ácido cafeico, por indução da enzima fenilalanina amônia liase (DIXON e PAIVA, 1995). O ácido clorogênico é um dos derivados do ácido caféico, grupo importante por apresentar, assim como alguns flavonóides, atividade anti-radicaís livres *in vitro* (CHEN e HO, 1997).

Os compostos polifenólicos em batatas apresentam atividade antioxidante em vários sistemas (FRIEDMAN, 1997). Onyeneho e Hettiaachchy (1993) avaliaram as habilidades de extratos secos congelados de cascas de batatas, de seis diferentes cultivares, na prevenção da oxidação de óleo de soja, tendo encontrado nos óleos tratados com 50 mg dos extratos um valor significativamente menor de peróxido.

Efeitos anticarcinogênicos e antimutagênicos dos polifenóis também foram observados, devidos provavelmente à habilidade desses compostos de combater ou capturar eletrófilos que causam danos ao DNA, radicaís livres e metais tóxicos, de inibir enzimas que ativam precarcinogênicos a carcinogênicos e de induzir enzimas desintoxicantes (FRIEDMAN e SMITH, 1984; TANAKA, 1994; TANAKA *et al.*, 1993). O efeito antígeno-tóxico e anticarcinogênico de ácido clorogênico

de batatas inclui mecanismos de bloqueio da formação de nitrosaminas (KIKUGAWA *et al.*, 1983), de inativação da aflatoxina B1, e de complexação do carcinogênico benzo- α -pireno (Camire *et al.*, 1995).

Outros efeitos de importância nutricional dos polifenóis compreendem as propriedades de redução dos níveis de glicose e colesterol (FRIEDMAN, 1997). Thompson *et al.* (1983) reportaram que os teores de polifenóis de batatas, legumes e cereais correlacionavam-se negativamente com os índices glicêmicos de indivíduos normais e diabéticos que consumiam esses alimentos, em um estudo controlado. Esse efeito poderia estar associado com a inibição de amilases, fosforilases e enzimas proteolíticas, além da complexação direta entre os polifenóis e o amido, impedindo a digestão.

Outra possibilidade é a prevenção *in vivo* da Reação de Maillard (escurecimento não-enzimático) entre a glicose plasmática e grupos amino da hemoglobina, que ocorre sob condições fisiológicas e contribui para a ocorrência de diabetes (FRIEDMAN, 1996). O ácido clorogênico e outros polifenóis também exibem forte atividade antioxidante *in vitro* sobre lipoproteínas (VINSON *et al.*, 1995). Como a oxidação *in vivo* das Lipoproteínas de Baixa Densidade (LDL) parece ser a maior causa das doenças cardiovasculares, é possível que o consumo desses polifenóis contribua para a prevenção das enfermidades coronarianas.

Lazarov e Werman (1996) observaram que o consumo de cascas de batatas induziu a hipocolesterolemia em ratos. Apesar de os autores atribuírem esses resultados ao teor de fibras presente, é provável que compostos polifenólicos e outros antioxidantes, bem como os glicoalcalóides, possam ter contribuído para a redução no colesterol (FRIEDMAN, 1997).

A indução da biossíntese de flavonóides e compostos fenólicos derivados do ácido caféico em batatas minimamente processadas foram estudados por Tudela *et al.* (2002b), sendo observadas quantidades significativas de quercetina 3-rutinosídeo, quercetina 3-diglucosídeo, quercetina 3-glucosilrutinosídeo, ácido clorogênico, ácido criptoclorogênico e tirosina. Grande parte desses compostos foi preservada após vários processos de cozimento e fritura, sugerindo que a batata minimamente processada pode ser uma fonte de compostos fenólicos nutricionalmente importantes.

Por outro lado, a reação de escurecimento enzimático interfere negativamente nos teores de aminoácidos essenciais e de proteínas funcionais e estruturais. As semiquinonas e o-quinonas formadas podem interagir com grupos ϵ -NH₂ da lisina, SH da cisteína, SCH₃ da metionia, OH da serina e tirosina e anéis indol do triptofano, reduzindo a disponibilidade desses e de outros nutrientes essenciais e diminuindo a digestibilidade e a qualidade nutricional de proteínas, pela inibição das enzimas digestivas α -amilase e tripsina.

Os substratos mais comuns em batatas para a reação de escurecimento enzimático são: a tirosina, o ácido clorogênico e os flavonóides (ARAÚJO, 1999).

4. Conclusões

Embora as batatas minimamente processadas sejam bastante consumidas nos países europeus e nos Estados Unidos, seu consumo no Brasil é irrisório. Todavia, o mercado brasileiro mostra-se bastante promissor e a demanda institucional é especialmente importante. O desenvolvimento de técnicas apropriadas com foco no agronegócio da batata se faz essencial num ambiente de constante aumento da produtividade e área cultivada.

O processamento mínimo, por demandar baixo volume de investimentos em comparação a outros processos industriais, seria uma alternativa interessante para o produtor nacional. O principal problema tecnológico relacionado ao processamento mínimo desse tubérculo é a ocorrência bastante expressiva de escurecimento enzimático, a que se deve dar maior atenção durante o desenvolvimento de tecnologia, buscando-se soluções mais viáveis do ponto de vista econômico.

Alterações nutricionais devem ser avaliadas no que diz respeito à degradação da vitamina C e à biossíntese de compostos fenólicos. Estudos clínicos relacionados com os efeitos desses compostos na prevenção de doenças crônicas não-transmissíveis e seus fatores de risco seriam de grande interesse para se elucidar a contribuição da batata na dieta.

5. Referências bibliográficas

ABBA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA BATATA. Batatas produzidas e industrializadas no Brasil. **Batata Show**, Ano 6, n. 16, p. 4-5, dez. 2006.

ABELES, F. B.; MORGAN, P. W.; SALTVEIT JUNIOR, M. E. **Ethylene in plant biology**. California: Academic Press, 1992. 414 p.

AHVENAINEN, R.; HURME, E. Minimal processed of vegetable. In: AHVENAINEN, R.; MATTILA-SANDHOLM, T.; OHLSSON, T. (Eds.) **Minimal processing of foods**. Espoo, Finland: VTT Symposium, 1994. 142 p.

AHVENAINEN, R. T.; HURME, E. U.; HÄGG, M.; SKYTTÄ, E. H.; LAURILA, E. K. Shelf life of pre-peeled potato cultivated, stored, processed by various methods. **Journal of Food Protection**, v. 61, p. 591-600, 1998.

ASSELBERGS, E. A. M.; FRANCIS, F. J. Studies on the formation of vitamin C of potato tissue. **Canadian Journal of Botanic**, v. 30, p. 665-669, 1952.

ARAÚJO, J. M. **Química de alimentos** – teoria e prática. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 1999. 416 p.

BALDWIN, E. A.; NISPEROS-CARRIEDO, M. O.; BAKER, R. A. Use of edible coatings to preserve quality of lightly (and slightly) processed products **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 35, p. 509-524, 1995.

BALDWIN, E. A.; NISPEROS, M. O.; CHEN, X.; HAGENMAIER, R. D. Improving storage life of cut apple and potato with edible coating. **Postharvest Biology and Technology**, v. 9, p. 151-163, 1996.

BALL, J. A. **Evaluation of two lipid-based edible coatings for their ability to preserve post harvest quality of green bell peppers**. 1997. 156 f. Thesis (PhD in Food Science) – Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia, USA, 1997.

BARKER, J. Studies in the respiratory and carbohydrate metabolism in plant tissues. The influence of a decrease in temperature on the content of certain phosphate esters in plant tissues. **New Phytologist**, Oxford, v. 67, p. 487-493, 1968.

BAUERFEIND, J. C.; PINKERT, D. M. Food processing with added ascorbic acid. **Advances in Food Research**, n. 18, p. 220-315, 1970.

BERBARI, S. A. G.; AGUIRRE, J. M. Alternativas para o aproveitamento de batata. **Batata Show**, Ano 2, n. 4, maio 2002.

BRECHT, J. K. Physiology of lightly processed fruits and vegetable. **HortScience**, v. 30, n.1, p. 18-22, 1995.

BUTA, J. G.; MOLINE, H. E. Prevention of browning of potato slices using polyphenol oxidase inhibitors and organic acids. **Journal of Food Quality**, v. 24, n. 4, p. 271-282, 2001.

CACACE, J. E.; DELAQUIS, P. J.; MAZZA, G. Effect of chemical inhibitors and storage temperature on the quality of fresh-cut potatoes. **Journal of Food Quality**, v. 25, n. 3, p. 181-196, 2002.

CALBO, A. G. **Batata** (*Solanum tuberosum*). Laboratório de Pós-colheita. Disponível em: www.cnph.embrapa.br/laborato/pos_colheita/batata.htm. Acesso em: set. 2003.

CAMIRE, M. E.; ZHAO, J.; DOUGHERTY, M. P.; BUSHWAY, R. J. In vitro binding of benzo(a)pyrene by extruded potato peel. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 43, n. 2, p. 970-973, 1995.

CANTOS, E.; TUDELA, J. A.; GIL, M. I.; ESPÍN, J. C. Phenolic compounds and related enzymes are not rate-limiting in browning development of fresh-cut potatoes. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 50, n. 3, p. 3015-3023, 2002.

CANTWELL, M. Preparation and quality of fresh cut produce. In: ENCONTRO NACIONAL DE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., Viçosa, 2000. **Palestras...** Viçosa, MG: UFV, 2000. p. 110.

CASTAÑER, M.; GIL, M. I.; ARTÉS, F.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A. Inhibition of browning of harvested head lettuce. **Journal of Food Science**, v. 61, p. 314-316, 1996.

CHASSERY, S.; GORMLEY, T. R. Quality and shelf life of pre-peeled vacuum packed potatoes. **Farm and Food**, July/December, n. 2, p. 30-32, 1994.

CHEN, J. H.; HO, C. T. Antioxidant activities of caffeic acid and its related hydroxycinnamic compounds. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 45, n. 1, p. 2374-2378, 1997.

DAVEY, M. W.; MONTAGU, M. V.; INZÉ, D.; SANMARTIM, M.; KANELIS, A.; SMIRNOFF, N.; BENZIE, I. J. J.; STRAIN, J. J.; FAVEL, D.; FLETCHER, J. Plant ascorbic acid: chemistry, function, metabolism, bioavailability and effects of processing. **Journal of Science and Food Agriculture**, v. 80, p. 825-860, 2000.

DENNIS, J. A. B. **The effects of selected ant browning agents, selected packaging methods, and storage times on some characteristics of sliced raw potatoes.** 1993, 187 f. Thesis (PhD in Food Science) – Oklahoma State University, Stillwater, USA, 1993.

DUDLEY, E. D.; HOTCHKISS, J. H. Cystein as an inhibitor of polyphenol oxidase. **Journal of Food Biochemistry**, v. 13, p. 65-69, 1989.

DIXON, R. A.; PAIVA, N. L. Stress-induced phenylpropanoid metabolism. **The Plant Cell**, n. 7, p. 1085-1097, 1995.

DUNDFORD, H. B.; STILLMAN, J. S. On the function and mechanism of action of peroxidases. **Coordination of Chemical Review**, v. 19, p. 187-251, 1976.

DUPLESSIS, P. M.; MARANGONI, A. G.; YADA, R. Y. A mechanism for low temperature induced sugar accumulation in stored potato tubers: the potential role of alternative pathway and invertase. **American Potato Journal**, v. 73, p. 97-100, 1996.

DZIEZAK, J. D. Preservative systems in foods, antioxidants and antimicrobials agents. **Food Technology**, v. 40, n. 9, p. 94-136, 1986.

FONTES, P. C. R.; FINGER, F. L. **Pós-colheita do tubérculo de batata.** Viçosa, MG: UFV, 2000. 32 p. (Cadernos Didáticos, 4).

FRESH-CUT Magazine. Potatoes cuts immigrate from Europe. **Columbia Publishing.** Disponível em: www.freshcut.com. Acesso em: fev. 2000.

FRIEDMAN, M. Chemistry, biochemistry and dietary role of potato polyphenols. A review. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 45, n. 5, p. 1523-1540, 1997.

FRIEDMAN, M. Food browning and its prevention. An overview. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 44, n. 2, p. 631-653, 1996.

FRIEDMAN, M.; SMITH, G. A. Inactivation of quercetin mutagenicity. **Food Chemistry Toxicology**, v. 22, p. 535-539, 1984.

FUKUDA, M.; KUNISADA, Y.; NODA, H.; TAGAYA, S.; YAMAMOTO, Y.; KIDA, Y. Effect of storage time of potatoes after harvest on increase of ascorbic acid content by wounding. **Journal of the Japanese Society of Food Science and Technology**, v. 42, p. 1031-1034, 1995.

GARCIA, M. A.; FERRERO, C.; BERTOLA, N.; MARTINO, M.; ZARITZKY, N. Effectiveness of edible coatings from cellulose derivatives to reduce fat absorption in deep fat frying. In: **2001 International Food Technologists Annual Meeting**. New Orleans, Louisiana, USA, 2001.

GARDNER, W. H. Food acidulants. **Allied Chemistry Corporation Bulletin**, New York: Allied Chemistry Corporation, n. 6, 1966. 44 p.

GODOY, R.C.B. A oferta de batata no Brasil. In: **Batata Show**, Ano 1, n. 3, set. 2001.

GUNES, G.; LEE, C. Y. Colour of minimally processed potatoes as affected by modified atmosphere and ant browning agents. **Journal of Food Science**, v. 62, p. 572-575, 582, 1997.

HORTON, D. Potatoes: production, marketing, and programs in developing countries. **Westview Press**, n. 7, p. 5-9, 1987.

IFT – INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGISTS. **Food packaging, food protection and the environment: a workshop report**. Chicago, IL, 1991. 167 p.

ISHERWOOD, F. A. Starch-sugar interconversion in *Solanum tuberosum*. **Phytochemistry**, v. 12, p. 2579-2591, 1973.

KADER, A. A. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. **Food Technology**, v. 40, n. 5. p. 99-104, 1986.

KAZAMI, D.; TSUCHIYA, T.; KOBAYASHI, Y.; OGURA, N. Effect of storage temperature on quality of potato tubers. **Journal of the Japanese Society for Food Science and Technology**, v. 47, n. 11, p. 851–856, 2000.

KIKUGAWA, K.; HAKAMADA, T.; HASUNUMA, M.; KURECHI, T. Reaction of p-hydroxycinnamic acid derivatives with nitrite and its relevance to nitrosamine formation. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 31, p. 780-785, 1983.

LABUZA, T. P.; LILLEMOM, J. H.; TAOUKIS, P. S. Inhibition of polyphenol oxidase by proteolytic enzymes. **Fruit Processing**, v. 2, p. 9-13, 1992.

LAMBRECHT, H. S. Sulfite substitutes for the prevention of enzymatic browning in foods. In: LEE, C. Y.; WHITAKER, J. R. (Eds.). **Enzymatic browning and its prevention**. Washington, DC, USA: ACS Symposium Series 600, p. 313-323, 1995.

LANGDON, T. T. Prevention of browning in prepared potatoes without the use of sulfiting agents. **Food Technology**, v. 41, p. 64-67, 1987.

LAURILA, E.; HURME, E.; AHVENAINEN, R. The shelf life of sliced raw potatoes of various cultivar varieties-substitution of bisulfites. **Journal of Food Protection**, v. 4, p. 124-127, 1998a.

LAURILA, E.; KERVINEN, R.; AHVENAINEN, R. The inhibition of enzymatic browning in minimally processed vegetables and fruits: review article. **Post Harvest News and Information**. Disponível em: <<http://hort.cabweb.org>>. Acesso em: 1998b.

LAZAROV, K.; WERMAN, M. J. Hypocholesterolaemic effect of potato peel as a dietary fiber source. **Medical Science Research**, v. 24, p. 581-582, 1996.

LIOUTAS, T. S. Challenges of controlled and modified atmosphere packaging: a food company's perspective. **Food Technology**, v. 42, n. 9, p. 78-86, 1988.

LÓPEZ-SERRANO, M.; RÓS-BARCELÓ, A. Peroxidase in unripe and processing strawberries. **Food Chemistry**, v. 52, p. 157-160, 1995.

LUO, Y. **Enhanced control of enzymatic browning of apple slices by papain**. 1992. 198 f. Thesis (PhD in Food Science) – Washington State University, Pullman, USA. 1992.

MAGA, J. A. Influence of dips, modified atmospheric packaging, and storage time on the enzymatic discoloration of processed raw potatoes. In: CHARAMBOLOUS, G. (Ed.). **Food flavors: generation analysis and process influence**. Amsterdam, Netherlands: Elsevier Science Publishers BV, 1995. p. 491-496.

MARCELLIN, P. Nouvelles tendances de la conservation des fruits et légumes par réfrigération. **Revue Générale Du Froid**, v. 3, p. 143-151, 1982.

MATTILA, M.; AHVENAINEN, R.; HURME, E. (1995) Prevention of browning of pre-peeled potato. In: BAERDEMAEKER, J. de; MCKENNA, B.; JANSSENS, M; THOMPSON, A.; ARTÉS CALERO, F.; HÖHN, E.; SOMOGYI, Z. (Eds.) Post harvest treatment of fruit and vegetables. WORKSHOP ON SYSTEMS AND OPERATIONS FOR POST HARVEST QUALITY. Leuven, Belgium: 14-15 September 1993. Commission of the European Communities, **Proceedings...** 1995. p. 225-234.

MCEVILY, A. J.; IYENGAR, R.; OTWELL, W. S. Sulfite alternative prevents shrimp melanosis. **Food Technology**, v. 45, p. 80-86, 1991.

MOLNAR-PERL, I.; FRIEDMAN, M. Inhibition of browning by sulfur amino acids. Part 3. Apples and potatoes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 38, p. 1652-1656, 1990.

MONDY, N. I.; LEJA, M. Effect of mechanical injury on the ascorbic acid content of potatoes. **Journal of Food science**, v. 51, p. 355-357, 1986.

MONDY, N. I.; MUNSHI, C. B. Effect of type of potassium fertilizer on enzymatic discoloration and phenolic, ascorbic acid, and lipid contents of potatoes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 41, n. 5, p. 849-852, 1993.

MONSALVE-GONZÁLEZ, A.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; CAVALIERI, R. P.; MCEVILY, A.; IYENGAR, R. Control of browning during storage of apple slices preserved by combined methods. 4- hexylresorcinol as anti-browning agent. **Journal of Food Science**, v. 58, n. 797-800, 826, 1993.

MORETTI, C. L. Processamento de mandiôquinha-salsa e pimentão. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., Viçosa, MG, 2000. **Palestras...** Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2000.

MUTSUDA, M.; ISHIKAWA, T.; TAKEDA, T.; SHIGEOKA, S. Subcellular localization and properties of l-galactono- γ - lactone dehydrogenase in spinach leaves. **Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry**, v. 59, p. 1983-1984, 1995.

MYERS, R. A. Packaging considerations for minimally processed fruits and vegetables. **Food Technology**, p. 43, n. 2, p. 129-131, 1989.

NISPEROS-CARRIEDO, M. O.; BALDWIN, E. A.; SHAW, P. E. Development of an edible coating for extending post harvest life of selected fruits and vegetables. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, v. 104, p. 122-125, 1988.

NOURIAN, F.; RAMASWAMY, H. S.; KUSHALAPPA, A. C. Kinetics of quality change associated with potatoes stored at different temperatures. **Lebensmittel Wissmarch Utrech Technologisch**, v. 36, p. 49-65, 2003.

OBA, K.; FUKUI, M.; IMAI, Y.; IRYAMA, S.; NOGAMI, K. L-Galactono- γ - lactone dehydrogenase: partial characterization, induction of activity and role in the synthesis of ascorbic acid in wounded white potato tuber tissue. **Plant Cell Physiology**, v. 35, p. 473-478, 1994.

OHAD, I.; FRIEDBERG, I.; NE'MAN, Z.; SCRAMM, M. Biogenesis and degradation of starch. The fate of amyloplast membrane during maturation and storage of potato tubers. **Plant Physiology**, v. 47, p. 465-477, 1971.

ONYENEHO, S-N. HETTIAACHCHY, N. S. Antioxidant activity, fatty acid and phenolic acid composition of potato peels. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 62, p. 511-517, 1993.

PEREIRA, A. S. Composição química, valor nutricional e industrialização de batata. In: REIFSHNEIDER, F. J. B. **Produção de Batata**. Brasília: Embrapa, 1987.

PINELI, L. L. O.; MORETTI, C. L.; ALMEIDA, G. C.; ONUKI, A. C. A.; NASCIMENTO, A. B. G. Associação de atmosfera modificada e antioxidantes reduz o escurecimento de batatas 'Ágata' minimamente processadas. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 4, p. 993-999, 2005a.

PINELI, L. L. O.; MORETTI, C. L.; ALMEIDA, G. C.; ONUKI, A. C. A.; NASCIMENTO, A. B. G. Caracterização química e física de batatas 'Ágata' minimamente processadas, embaladas sob diferentes atmosferas modificadas ativas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 10, p. 1035-1041, 2005b.

PINELI, L. L. O.; MORETTI, C. L.; ALMEIDA, G. C.; SANTOS, J. Z.; ONUKI, A. C. A.; NASCIMENTO, A. B. G. Caracterização química e física de batatas 'Ágata' e 'Monalisa' minimamente processadas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 1, p. 127-134, 2006.

ROLLE, R.; CHISM, G. W. Physiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. **Journal of Food Quality**, v. 43, p. 274-276, 1987.

SANTERRRE, C. R.; LEACH, T. F.; CASH, J. N. Bisulfite alternatives in processing abrasion-peeled of 'Russet Burbank' potatoes. **Journal of Food Science**, v. 56, p. 257-259, 1991.

SAPERS, G. M.; MILLER, R. L. Control of enzymatic browning in pre-peeled potatoes by surface digestion. **Journal of Food Science**, v. 58, p. 1076-1078, 1993.

SAPERS, G. M.; MILLER, R. L. Enzymatic browning control in potato with ascorbic acid-2- phosphates. **Journal of food Science**, v. 57, p. 1132-1135, 1992.

SAPERS, G. M.; MILLER, R. L. Heated ascorbic / citric acid solution as browning inhibitors for pre-peeled potatoes. **Journal of Food Science**, v. 60, p. 762-766, 1995.

SCHLIMME, D. V. Marketing lightly processed fruit and vegetables. **Hortscience**, Alexandria, v. 30, n. 1, p. 15-17, 1995.

SIDNEY POSTHARVEST LABORATORY OF FOOD SCIENCE AUSTRALIA. Optimal Fresh. **The fruit, vegetable and fresh produce expert system**. Disponível em: <www.publish.csiro.au>. Acesso em: 2001.

SOLOMOS, T.; LATIES, G. G. The mechanism of ethylene and cyanide action in triggering the rise in respiration in potato tubers. **Plant Physiology**, Rockville, v. 54, p. 506-511, 1975.

SPYCHALLA, N. P.; DESBOROUGH, S. L. Fatty acids, membrane permeability, and sugars of stored potato tubers. **Plant Physiology**, v. 94, p. 1207-1213, 1990.

SUBRAMANIAN, N., VENKATESH, P.; GANGULI, S.; SINKAR, V. P. Role of polyphenol oxidase and peroxidase in the generation of black tea theaflavins. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 47, p. 2571-2578, 1999.

SUSLOW, T. **Post harvest chlorination: basic properties and key points for effective disaffection**. Disponível em: <<http://danrcs.ucdavis.edu>>. University of California. Acesso em: 2004.

TANAKA, T. Cancer chemoprevention by natural products (Review). **Oncology Report.**, v. 11, p. 39-155, 1994.

TANAKA, T.; KAWAMORI, T.; OHNISHI, M.; OKAMOTO, K.; MORI, H.; HARA, A. Inhibition of 4-nitroquinoline 1-oxide induced rat tongue carcinogenesis by natural occurring plant phenolics caffeic, ellagic, chlorogenic, and ferulic acids. **Carcinogenesis**, v. 14, p. 1321-1325, 1993.

THOMPSON, L. U.; YOON, J. H.; JENKINS, D. J. A.; WOLWER, J.; JENKINS, A. L. Relationship between polyphenol intake and blood glucose response of normal and diabetic individuals. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 39, p. 745-751, 1983.

TONG, C. B.; HICKS, K. B. Sulfated Polysaccharides inhibit browning of apple juice and diced apples. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 39, p. 1719-1722, 1991.

TUDELA, J. A.; ESPÍN, J. C.; GIL, M.I. Vitamin C retention in fresh-cut potatoes. **Post Harvest Biology and Technology**, v. 26, p. 75-84, 2002a.

TUDELA, J. A.; CANTOS, E.; ESPÍN, J. C.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A., GIL, M. I. Induction of antioxidant flavonol biosynthesis in fresh-cut potatoes. Effect of domestic cooking. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 4, p. 5925-5931, 2002b.

TUDELA, J. A.; HERNÁNDEZ, J. A.; GIL, M. I.; ESPÍN, J. C. L- galactono- γ - lactone dehydrogenase activity and vitamin c content in fresh-cut potatoes stored under controlled atmospheres. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 51, n. 2, p. 4296-4302, 2003.

VÁMOS-VIGYAZÓ, L. Polyphenol oxidase and peroxidase in fruits and vegetables. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 15, p. 49-127, 1981.

VINSON, J. A.; JAN, J.; DABBAGH, Y. A.; SERRY, M. M.; CAI, S. Plant polyphenols exhibit lipoprotein-bound antioxidant activity using an in vitro oxidation model for heart disease. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 143, n. 3, p. 2687-2689, 1995.

WATADA, A. E.; ABE, K.; YAMUCHI, N. Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. **Food Technology**, v. 44, p. 116-122, 1990.

WHITAKER, J. R.; LEE, C. Y. Recent advances in chemistry of enzymatic browning, In: LEE, C. Y.; WHITAKER, J. R. (Eds.). **Enzymatic browning and its prevention**. Washington DC: ACS Symposium Series, v. 600, p. 2-7, 1995.

WILEY, R. C. **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables**. Chapman E Hall, 1994. 357 p.

ZERIO, E.; FERRO, A. B; SARDELLA, I. N. Oportunidades de comércio para o produtor. Especial agroindústria. **Hortifruti Brasil**, v. 11, p. 10-13, 2003.

Capítulo 18

Processamento mínimo de beterraba

Ricardo A. Kluge

Maria C. D. Vitti

1. Introdução

As frutas e hortaliças minimamente processadas constituem uma classe de alimentos que está se desenvolvendo de forma rápida e importante. A exemplo de alguns países da Europa e também do Japão e dos Estados Unidos, observa-se no Brasil crescente demanda por este tipo de produto, tanto no âmbito institucional como individual.

Este segmento da indústria alimentícia tem por objetivo proporcionar ao consumidor um produto prático e conveniente, com características muito semelhantes às do produto intacto, ou seja, frescor e qualidade sensorial, além da garantia de segurança à saúde.

O aumento da demanda por produtos minimamente processados traz consigo grandes desafios em termos de desenvolvimento de técnicas de armazenamento. Esses produtos apresentam maior taxa de deterioração do que o produto inteiro, porque, com o corte, os tecidos internos do vegetal são expostos e o metabolismo é acelerado. Adicionalmente, os tecidos ficam mais suscetíveis à contaminação microbiana, aumentando os riscos de toxinfecção alimentar, caso não sejam tomadas medidas preventivas. Mesmo os órgãos de reserva, como raízes, bulbos, rizomas e tubérculos, que naturalmente possuem vida pós-colheita relativamente longa quando submetidos ao processamento mínimo, passam a ser altamente perecíveis, com vida de prateleira muito curta (KASMIRE e CANTWELL, 1992).

Por causa de sua alta perecibilidade, os produtos minimamente processados são comercializados, de maneira geral, no período máximo de cinco dias. O aumento da vida pós-colheita desses produtos para dez dias traria grandes benefícios para o mercado, possibilitando maior expansão e flexibilidade de comercialização, além da redução de perdas. Para que isso seja alcançado, extensivos trabalhos de pesquisa devem ser realizados, buscando técnicas de armazenamento que permitam aumentar a conservação de produtos minimamente processados com menor perda de qualidade.

A beterraba é uma hortaliça da família *Chenopodiaceae*, em grande expansão no mercado de pré-processados. A sua parte comestível é a raiz tuberosa. Esta hortaliça tem uma típica coloração vermelho-escuro em razão dos pigmentos de betalaínas, que são um grupo de compostos semelhantes às antocianinas e aos flavonóides. As betalaínas são encontradas somente em dez famílias da ordem *Centrospermae* e foram denominadas inicialmente, de forma incorreta, de antocianinas que continham nitrogênio.

As betalaínas são pigmentos hidrossolúveis e estão divididas em duas classes: betacianina (responsável pela coloração avermelhada) e betaxantina (responsável pela coloração amarelada), caracterizando a coloração típica das raízes de beterraba (FENENA, 1995). Esses pigmentos, além de fornecerem cor à beterraba, são importantes substâncias antioxidantes para a dieta humana

(KANNER *et al.*, 2001). O teor de betacianina e de betaxantina pode variar de 45 mg 100⁻¹ a 210 mg 100⁻¹ e de 20 mg 100⁻¹ a 140 mg 100⁻¹, respectivamente, conforme a cultivar (NILSON, 1973).

Tem-se observado elevada perda de qualidade em produtos minimamente processados de beterraba, em decorrência de descoloração da superfície das raízes e de elevada desidratação (Figura 1). As operações de lavagem, sanitização e enxágüe, realizadas após o corte, favorecem a perda dos pigmentos de betalainas, já que estes são bastante solúveis em água. Adicionalmente, o corte favorece o extravasamento do suco celular para o exterior, ocasionando a desidratação do produto. No entanto, esses problemas podem ser minimizados com a adoção de procedimentos apropriados.

Figura 1. Ocorrência de descoloração superficial (“White blush”) em beterraba minimamente processada.
(Foto: Ricardo A. Kluge)



2. Fluxograma e descrição das etapas do processamento mínimo de beterraba

É apresentado a seguir o fluxograma (Figura 2) do processamento mínimo de beterrabas. Logo depois são descritas detalhadamente as principais etapas do processo.

2.1 Recepção da matéria-prima

A colheita da beterraba inicia-se aos 60 – 70 dias após o plantio, quando este é feito por semeadura direta, ou após 90 – 100 dias, quando o plantio é por mudas transplantadas. O ponto ideal de colheita é quando as raízes atingem 6 cm a 8 cm de diâmetro, ainda tenras. Para o processamento mínimo requer-se controle rigoroso da qualidade das raízes; devem ser selecionadas beterrabas sem danos por fungo ou outros patógenos.

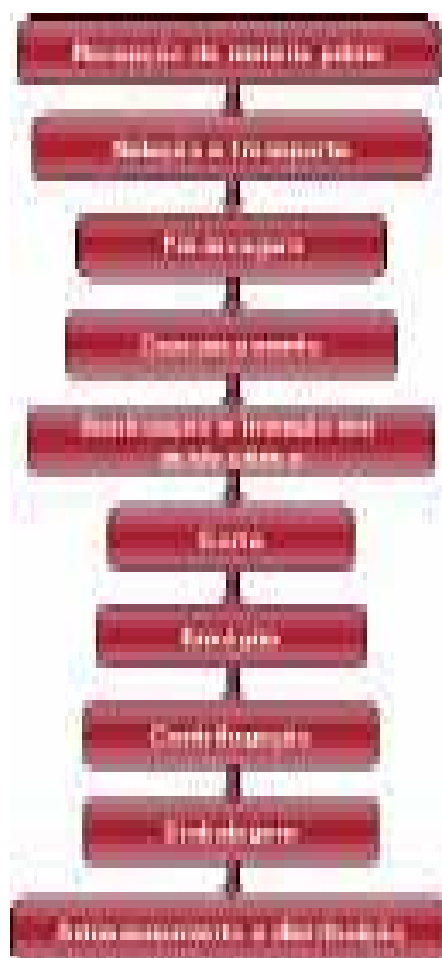


Figura 2. Fluxograma do processamento mínimo de beterraba.

2.2 Seleção e transporte para a agroindústria

Se a empresa de processamento mínimo estiver localizada distante das regiões produtoras, o transporte da matéria-prima até a empresa deve ser realizado em caminhões refrigerados. No local de processamento, as beterrabas devem ser selecionadas quanto à ausência de danos mecânicos, firmeza e coloração. Na seleção, remove-se a impureza e os produtos contaminados e defeituosos, para evitar a contaminação da água de lavagem. Nessa fase também fica mais prático retirar as partes do vegetal que não serão utilizadas no processamento. Os utensílios devem estar bem limpos, para evitar que contaminem os produtos que serão processados. A uniformidade e a padronização do produto final são obtidas a partir da seleção da matéria-prima.

2.3 Pré-lavagem

Após a seleção, as raízes devem ser previamente lavadas em água corrente, com o objetivo de retirar as impurezas vindas do campo (insetos e torrões aderidos às raízes).

2.4. Descascamento

As raízes de beterraba podem ser descascadas mecanicamente, com disco abrasivo para a retirada da película externa, ou manualmente, com facas afiadas. Pode requerer também o uso de tratamentos químicos e térmicos como soluções ácidas, vapor por pressão, lixívia por soluções alcalinas, água em ebulição. Estudos com cenoura minimamente processada mostraram que o descascamento manual provoca menor grau de injúrias e contaminação microbiana do que o descascamento mecânico.

A partir do descascamento, as operações que se seguem devem ser realizadas na temperatura de 10°C a 15°C.

2.5 Sanitização e imersão em ácido cítrico

As raízes devem ser imersas em água clorada (200 ppm de cloro ativo), durante três minutos, com o objetivo de reduzir riscos de contaminação (Figura 3). A água da solução deve estar em torno de 5°C, para reduzir o metabolismo do produto e melhorar a ação antimicrobiana do sanitizante.



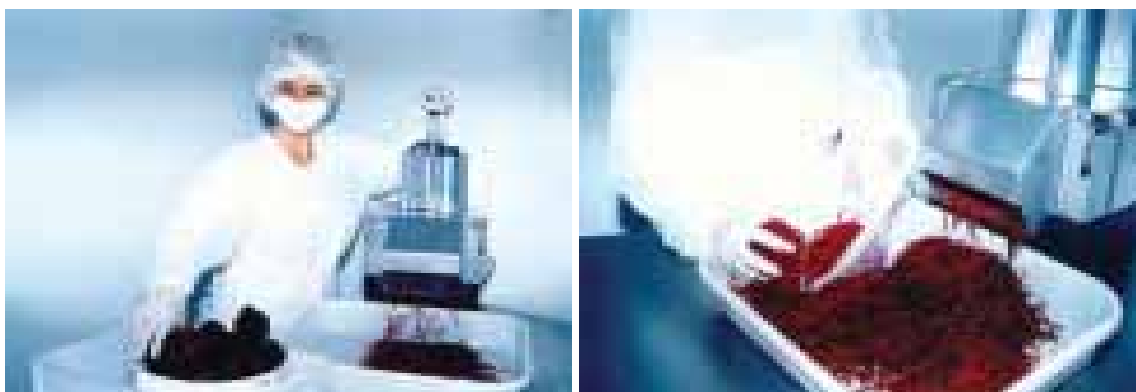
Figura 3. Operação de sanitização em beterraba minimamente processada (Foto: Mirian J. Kluge)

Após a sanitização, as raízes devem ser imersas em solução de ácido cítrico com concentração de 500 mg.L⁻¹. A aplicação de ácido cítrico com concentrações iguais ou superiores a 500 mg.L⁻¹ contribui para o decréscimo da atividade respiratória e a redução da degradação de pigmentos. O ácido cítrico parece estar envolvido na sinalização para o abaixamento da atividade respiratória ou na redução da atividade da fosfofrutoquinase (uma enzima da fase glicolítica), com subsequente redução da produção de ácido pirúvico (KATO-NOGUCHI e WATADA, 1997).

2.6 Corte

As beterrabas podem ser cortadas em forma de retalho, cubos e rodela, dentre outros formatos. O tamanho de cada produto é definido de acordo com a preferência do consumidor e com o equipamento de corte. Há equipamentos com

lâminas ou facas de corte horizontal e vertical para fatiar, picar, retalhar, cortar em cubos, rodela ou tiras. Para o preparo em retalhos, a espessura de corte mais usada é de dois milímetros (Figuras 4 e 5). As facas devem ser de aço inoxidável, finas e bem afiadas, para a obtenção de um produto com o mínimo de dano.



Figuras 4 e 5. Operações de corte da beterraba em retalhos. (Fotos: Mirian J. Kluge)

O corte danifica (descompartmentaliza) as células dos tecidos vegetais e estimula reações enzimáticas da respiração (OSORNIO e CHAVES, 1998). A alteração do metabolismo respiratório torna o produto mais suscetível à deterioração. A taxa respiratória é menor em raízes intactas (Figura 6).

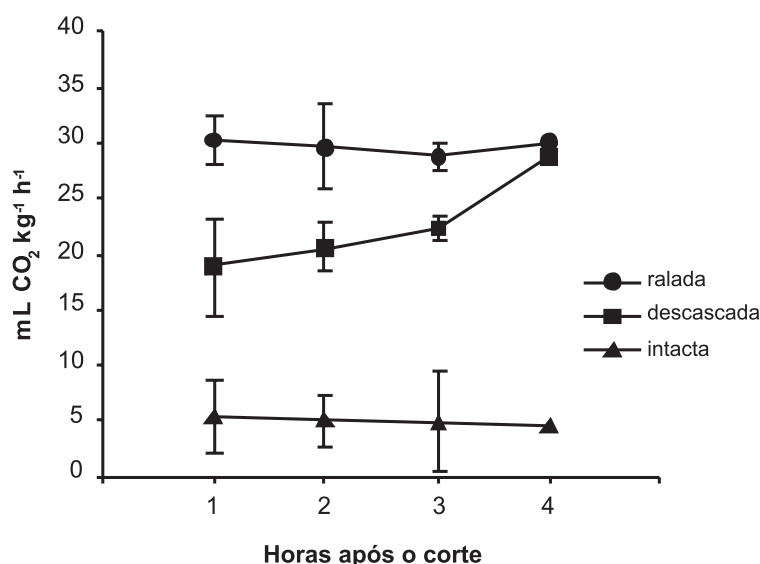


Figura 6. Taxa respiratória de beterrabas intactas, descascadas e raladas logo após o corte e armazenadas na temperatura de $5 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e $85 \pm 5\%$ UR. (VITTI, 2003).

Tem sido observada também elevação transiente da atividade respiratória das raízes pré-processadas nos primeiros dias de armazenamento (Figura 7). Tal

elevação transiente, entretanto, ainda não é bem conhecida. É possível que haja uma auto-regulação da atividade respiratória do tecido em razão da grande produção de ATP (PURVIS, 1997). É possível, também, que a redução da taxa respiratória ocorra pelo fato de os substratos respiratórios pararem de reagir com as enzimas presentes nas células da superfície de corte.

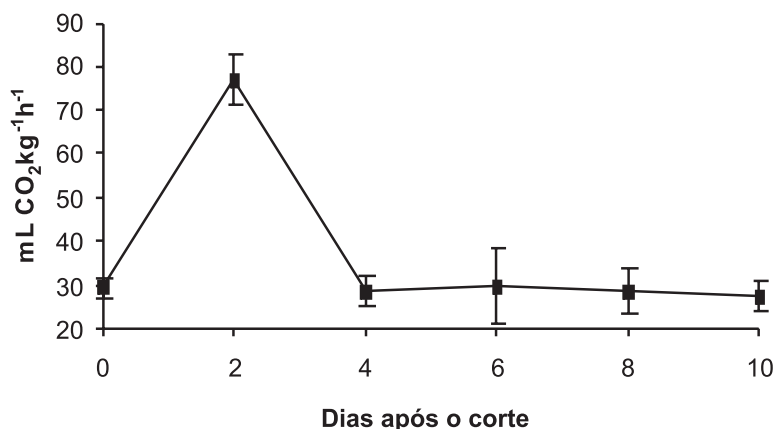


Figura 7. Taxa respiratória de beterrabas raladas durante o armazenamento a $5 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 5\%$ UR (VITTI, 2003).

2.7 Enxágüe

O enxágüe, em água a 5°C , faz-se necessário para que o excesso de cloro ativo seja retirado do produto. Tem o objetivo também de minimizar a complexação do cloro com a matéria orgânica.

2.8 Centrifugação

A centrifugação é uma etapa do processo realizada para a retirada do excesso de água do produto. O tempo de centrifugação dependerá sobretudo da velocidade da centrifuga, podendo variar de alguns segundos a minutos. A centrifugação excessiva pode levar ao enrugamento ou murchamento do produto. Em centrífuga com velocidade de 2000 rpm, o tempo de centrifugação deve ser de um minuto.

2.9 Embalagem

A embalagem é essencial para a proteção do produto minimamente processado. Ela deve evitar a contaminação do produto e reduzir a sua perda de água por transpiração. As beterrabas minimamente processadas podem ser acondicionadas em embalagens flexíveis (sacos de plástico) ou rígidas (bandejas retangulares). Outra boa opção é a embalagem de poliestireno expandido colocada dentro de sacos de plástico ou envolta em filme esticável.

Os materiais flexíveis mais usados são: polietileno, polipropileno, poliolefínico e cloreto de polivinila (PVC) (Figura 8). Dentre as embalagens rígidas,

destacam-se a de poliestireno (PS) e a de tereftalato de polietileno (PET). O uso adequado de embalagens em beterraba minimamente processada pode reduzir a descoloração superficial do produto.

Figura 8. Operação de embalagem de beterraba minimamente processada em filme de PVC.
(Foto: Mirian J. Kluge)



2.10 Armazenamento e distribuição

O armazenamento temporário deve ser em câmara fria (Figura 9), enquanto a distribuição deve ser feita em caminhões refrigerados. A temperatura ideal para armazenamento da beterraba minimamente processada, inclusive em gôndola do supermercado, é 5°C, que reduz a atividade respiratória. Nessa condição, o produto é conservado por dez dias.



Figura 9. Armazenamento de beterrabas minimamente processadas.
(Foto: Mirian J. Kluge)

3. Referências bibliográficas

KANNER, J.; HAREL, S.; GRANIT, R. Betalains: a new class of dietary cationized antioxidants. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, n. 11, p. 5178-5185, 2001.

KASMIRE, R. F.; CANTWELL, M. Postharvest handling systems: underground vegetables (roots, tubers and bulbs). In: KADER, A. A. (Ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. Davis: University of California, 1992. p. 271-275.

KATO-NOGUCHI, H.; WATADA, A. E. Citric acid reduces the respiration of fresh-cut carrots. **HortScience**, v. 32, p.136, 1997.

NILSON, T. The pigment content in beetroot with regard to cultivar, growth, development and growing conditions. **Swedish Journal of Agricultural Research**, v. 3, n. 4, p. 187-200, 1973.

OSORNIO, M. M. L.; CHAVES, A. R. Quality changes in stored raw grated beetroots as affected by temperature and packaging film. **Journal of Food Science**, v. 63, n. 2, p. 27-330, 1998.

PURVIS, A. C. The role of adaptive enzymes in carbohydrates oxidation by stressed and senescing plant tissues. **HortScience**, v. 32, n. 7, p. 1165 –1168, 1997.

VITTI, M. C. D **Aspectos fisiológicos, bioquímicos e microbiológicos em beterrabas minimamente processadas**. 2003. 116 f. Tese (Mestrado em Ciências) – ESALQ/USP, Piracicaba, SP, 2003.

VITTI, M. C. D.; KLUGE, R. A.; GALLO, C. R.; SCHIAVINATO, M. A.; MORETTI, C. L.; JACOMINO, A. P. Aspectos fisiológicos e microbiológicos de beterrabas minimamente processadas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, DF, v. 39, p. 1027-1032, 2004.

Capítulo 19

Processamento mínimo de brócolis

*Sergio A. Cenci
Carlos A. O. Gomes*

1. Introdução

Os brócolis são brotos florais altamente perecíveis, cuja vida útil pós-colheita não passa de dois dias. Mesmo assim o consumo desta hortaliça tem aumentado, como consequência da crescente busca por uma alimentação mais saudável, bem como pelas recentes descobertas sobre as suas propriedades funcionais.

Os principais tipos de brócolis plantados são: ramoso e cabeça única, este mais conhecido como tipo americano. O cultivo de brócolis tipo americano é relativamente recente no Brasil e o consumidor brasileiro ainda está pouco familiarizado com ele. Para o consumo *in natura* são mais plantados os brócolis do tipo ramoso, principalmente as variedades 'Ramoso de Piracicaba' e 'Ramoso Santana'. Os brócolis do tipo americano, porém, são mais tenros e permitem o processamento e o congelamento pela agroindústria e por isso vêm ganhando mercado nos últimos anos.

Os principais problemas relacionados ao cultivo de brócolis são: o amarelecimento da inflorescência, a incidência de doenças, o amolecimento de tecidos e o aparecimento de odores indesejáveis.

2. Colheita e manuseio pós-colheita

O ponto ideal de colheita de frutas e hortaliças é fundamental para garantir qualidade e maior tempo de vida útil pós-colheita. O valor nutricional varia com a maturação, e o ponto ótimo de colheita varia com a espécie e a destinação do produto. Hortaliças como brócolis, que são colhidas imaturas ou ainda em fase de crescimento, deterioram-se rapidamente porque têm atividade metabólica elevada e poucos nutrientes de reserva.

Por outro lado, hortaliças colhidas maduras, com o ciclo de crescimento completo, têm menor atividade metabólica e grandes quantidades de reservas orgânicas. Todavia se não forem colhidas no ponto ótimo de colheita e o produto ainda tiver de ser armazenado, existem grandes chances de ocorrer perdas de nutrientes, como ácido ascórbico e outras vitaminas hidrossolúveis.

Os brócolis, portanto, devem ser colhidos no estágio de desenvolvimento ou maturação adequado e nos horários mais frescos do dia. Entretanto, a determinação do ponto ótimo de colheita de brócolis não é tarefa simples, visto que não existe padrão preestabelecido. Usualmente os brócolis devem ser colhidos quando as cabeças atingirem o crescimento pleno, observada a uniformidade de formação dos floretes.

A colheita requer bom padrão de higiene no campo, com uso de embalagens adequadas (normalmente contentores de plástico), limpas, desinfetadas e empilhadas de forma a reduzir o contato com o solo, até serem transportadas para a unidade de processamento.

3. Cuidados com a matéria-prima antes do processamento

A qualidade dos produtos minimamente processados depende da qualidade da matéria-prima, do método e das condições de processamento (velocidade de resfriamento, sanitização, manutenção da temperatura e umidade relativa), da embalagem e do manuseio na comercialização.

Originalmente os brócolis têm o seu desenvolvimento otimizado em climas amenos, razão pela qual a indústria de processamento concentra nessas épocas suas atividades, para obter matéria-prima de ótima qualidade e a menores custos. Para produção o ano todo, recomenda-se o plantio de variedades adaptadas ao local e à época do ano (verão, inverno e meia estação).

A adoção de Boas Práticas Agrícolas (BPA) é indispensável para a obtenção de matéria-prima de boa qualidade, principalmente considerando-se os riscos de contaminação por produtos químicos e de natureza microbiológica. As principais fontes de contaminação microbiológicas são: o uso inadequado de esterco na adubação e a água de irrigação de má qualidade. Também o uso inadequado de agrotóxicos, sem obedecer ao período de carência para a colheita, pode deixar resíduos e oferecer riscos ao consumidor. O plantio de variedades adequadas, condições climáticas favoráveis durante o cultivo (sem excesso de chuvas) e adubações equilibradas contribuem para a obtenção de matéria-prima de melhor qualidade, com reflexo no aumento da vida útil do produto processado.

Geralmente a vida útil de hortaliças minimamente processadas é inversamente proporcional à sua taxa respiratória. Os brócolis possuem taxa respiratória de mais de $60 \text{ ml CO}_2 \text{ Kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ a 5°C , uma das mais altas dentre as hortaliças e frutas. Essa taxa pode e deve ser diminuída de forma expressiva, colhendo-se nas horas mais frescas do dia, sem exposição ao sol. Se o produto for transportado a longas distâncias da área de produção até o processamento, ou estocado antes do processamento, deve ser resfriado rapidamente após a colheita e armazenado a temperaturas entre 5°C e 10°C .

Recomenda-se a formalização de contratos entre fornecedores de matéria-prima e indústrias de processamento mínimo, para o estabelecimento de padrões de qualidade e a garantia de fornecimento regular da matéria-prima. Devem ficar claras as condições relacionadas à segurança ou inocuidade dos produtos, como níveis residuais de agrotóxicos e carga microbiana, que poderão ser controlados com manejo adequado, inspeções periódicas no campo e treinamento dos produtores.

4. Fluxograma e descrição das etapas do processamento mínimo de brócolis

São apresentados a seguir o fluxograma (Figura 1) e a descrição das etapas do processamento mínimo de brócolis.

Figura 1. Fluxograma do processamento mínimo de brócolis.



4.1 Recepção, seleção e pesagem da matéria-prima

A matéria-prima ao ser recebida na unidade de processamento mínimo deve ser submetida à inspeção de qualidade. Caso apresente características indesejáveis para o processamento, deve ser rejeitada e devolvida ao produtor.

A seleção deve ser feita sobretudo em relação à qualidade visual e à uniformidade das cabeças de brócolis, características que facilitam todas as etapas do processamento, aumentando a produtividade e a qualidade do produto minimamente processado. As cabeças devem ser selecionadas e preparadas de maneira a obter maior uniformização e padronização do produto final. As cabeças de brócolis devem ser selecionadas quanto a podridões, danos fisiológicos e presença de insetos. Devem ser descartadas as que estiverem com defeitos e deterioradas.

A pesagem da matéria-prima recebida é necessária para o controle do processo, a formulação do produto e o controle de qualidade. Após a pesagem o produto deve ser conduzido rapidamente da plataforma de recepção para o processamento ou para o local de estocagem. Caso haja necessidade de a matéria-prima ser estocada antes do processamento, mantê-la sob a temperatura de 5°C a 10°C e umidade relativa de aproximadamente 90%, dependendo das características do vegetal.

4.2 Primeira lavagem e resfriamento rápido

A matéria-prima deve passar por processo de lavagem em equipamentos especiais (com agitador da água) ou em tanques de aço inoxidável. As cabeças

de brócolis devem ser imersas em água clorada (100 ppm a 150 ppm de cloro livre), à temperatura entre 5°C e 10°C, para remover a sujeira aderida aos floretes e reduzir a temperatura de campo, o que favorecerá o resfriamento rápido do produto.

Para facilitar a retirada de sujeira, pode-se usar um sabão líquido ou detergente apropriado para a pré-lavagem de vegetais ou outro produto similar de empresas especializadas. Neste caso, dispensa-se o uso de cloro, pois o detergente reage com o cloro ativo, reduzindo a sua eficácia como agente sanitizante.

A qualidade da água é um dos elementos-chaves na qualidade das hortaliças minimamente processadas. A fonte de água deve ser considerada na implantação de uma indústria deste setor.

4.3 Corte e seleção dos floretes

Os floretes devem ser cortados na base, com facas de aço inoxidável bem afiadas. É de fundamental importância manter as lâminas de corte sempre bem afiadas, para reduzir danos aos tecidos vegetais, e desinfetá-las periodicamente.

4.4 Segunda lavagem e sanitização

A lavagem associada à sanitização é o único tratamento eficaz na redução significativa da carga microbiana de hortaliças minimamente processadas. Portanto, após o corte, os floretes devem passar por nova lavagem, com água na temperatura de 5°C, para retirar resíduos remanescentes e reduzir possíveis contaminações microbiológicas da manipulação dos mesmos. Os vegetais minimamente processados tendem a se deteriorar rapidamente com a ação das próprias enzimas e principalmente de microorganismos. O controle de microorganismos contaminantes causadores de doenças deve merecer atenção especial.

Para a sanitização, preparar solução com concentração de 100 ppm a 150 ppm de cloro ativo. Os floretes devem ficar em contato com a solução por um período de no mínimo dez minutos. Monitorar a concentração de cloro com papel indicador ou testes colorimétricos como os usados em piscinas. O monitoramento é importante, tendo em vista que o cloro reage com a matéria orgânica, perdendo gradativamente a sua eficiência como solução. Por isso não se deve usar a mesma solução repetidas vezes. É necessário que o pH da solução seja corrigido com ácidos comerciais e mantido em torno de 6,5 a 7,0. Nesta faixa o cloro se torna mais eficaz como agente germicida.

4.5 Centrifugação e secagem

Após a lavagem e sanitização os floretes devem ser submetidos à centrifugação, para a retirada da água na superfície do vegetal. Assim evita-se excesso de umidade no interior da embalagem, o que melhora a apresentação e

aumenta a vida útil do produto no mercado. O excesso de umidade dentro da embalagem favorece o crescimento microbiano e a atuação de enzimas do vegetal. O binômio tempo e velocidade de centrifugação deve ser ajustado para o produto, considerando o equipamento e a quantidade de produto a ser centrifugado. A secagem dos floretes pode ser feita por meio de ar forçado.

4.6 Embalagem, selagem e etiquetagem

O acondicionamento deve ser de acordo com o mercado consumidor. Em embalagens de 1 kg a 5 kg de produto, para o mercado institucional, ou de 0,2 kg a 0,3 kg, para o mercado varejista. Devem-se usar embalagens de plástico com taxas de permeabilidade a oxigênio e dióxido de carbono de acordo com a taxa respiratória do produto e a relação tamanho da embalagem com o peso de produto. A especificação da permeabilidade do filme de plástico para brócolis tem sido estudada.

Em trabalho realizado no Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL) de São Paulo avaliou-se o desempenho de cinco sistemas de embalagem de plástico para brócolis, estocados sob duas diferentes temperaturas (5°C e 10°C), perfazendo dez tratamentos. Em nenhum dos sistemas de embalagem atingiu-se a atmosfera de equilíbrio de 3% a 5% de O₂ e 10% de CO₂, como recomendado pela literatura para conservação de brócolis (MAKHLOUF *et al.*, 1989a). Contudo, filmes com taxa de permeabilidade a O₂ na faixa de 6.500 cm³(CNT)/m²/dia e a CO₂ na faixa de 22.000cm³(CNT)/m²/dia apresentaram potencial de conservação das qualidades sensoriais de brócolis nas embalagens de 300 gramas. Esses filmes, com injeção de mistura de gases de 5% de O₂ e 10% de CO₂, durante estocagem a 5°C, comparativamente com os demais, conservaram os brócolis por quinze dias, com as melhores características sensoriais.

A maior temperatura de armazenamento determinou maior queda na concentração de oxigênio no interior das embalagens ao longo do período de armazenamento, evidenciando que o efeito da temperatura sobre a respiração dos brócolis foi maior do que o efeito na taxa de permeabilidade ao oxigênio dos filmes. Em embalagens de baixa permeabilidade, esta condição pode criar uma atmosfera de gases no interior da embalagem favorável a anaerobiose, provocando sabor, odor, amolecimento e coloração indesejáveis ao produto (Figura 2).

Em estudos realizados na Embrapa Agroindústria de Alimentos (dados não publicados) verificou-se que, em brócolis armazenados sob atmosfera ambiente, os valores médios de taxa respiratória foram de 21,16 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ e 38,56 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, quando mantidos sob temperaturas de 5°C e 10°C, respectivamente, enquanto que os brócolis armazenados em atmosfera controlada de 1%O₂ + 12%CO₂ apresentaram valores médios de taxa respiratória de 7,35 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ e 20,58 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, nas temperaturas de armazenamento de 5°C e 10°C, respectivamente. Esses dados reforçam a importância da atmosfera controlada ou modificada, associada à temperatura ideal de armazenamento do produto, por reduzir o metabolismo respiratório do produto (Tabela 1).



Figura 2. Brócolis com aparência de fermentado (E) e floretes com aspecto normal (D).

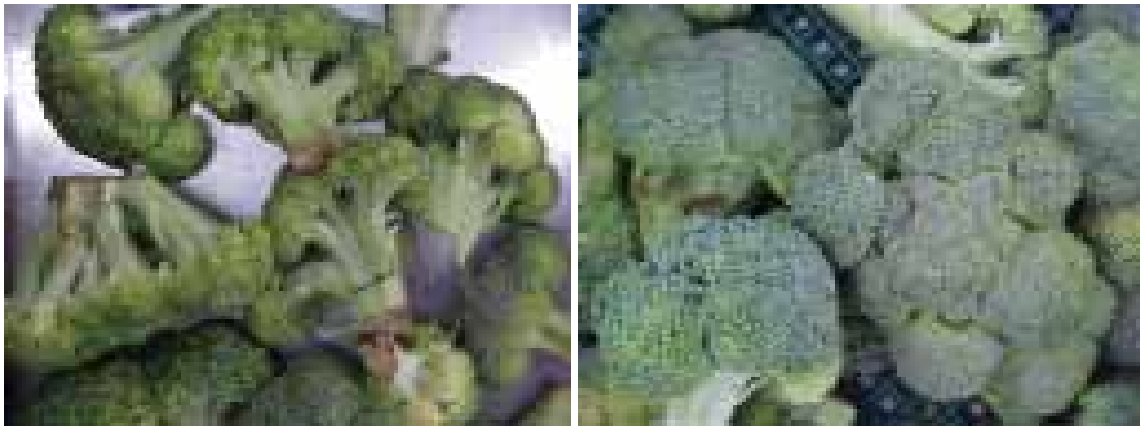
(Foto: Sérgio A. Cenci)

Tabela 1. Médias de respiração ($\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) em brócolis minimamente processados, armazenados durante quinze dias a 5°C e 10°C , em diferentes atmosferas controladas

Ao contrário, pois, do recomendado pela literatura, a combinação de gases adequada para o não amarelecimento dos floretes pode ser indicada como $1\% \text{O}_2 + 12\% \text{CO}_2$, sendo seu efeito ilustrado nas figuras 3 e 4.

De fato, tal composição gasosa à temperatura de 5°C mostrou-se a condição mais favorável para manter as características sensoriais de brócolis minimamente processado, concordando com os resultados de respiração da tabela 1 de que, nessas condições, a respiração do produto foi menor, e com a figura 4, que ilustra a melhor qualidade dos brócolis armazenados a 5°C , em relação a 10°C .

Para o mercado institucional, principalmente, pode ser usado o sistema de embalagem a vácuo, retirando-se o oxigênio do interior da embalagem, conseguindo assim redução de custo e aumento da vida útil do produto.



Figuras 3 e 4. Brócolis minimamente processados, armazenados durante sete dias a 10°C, em diferentes atmosferas controladas: 21%O₂ + 0%CO₂ (E) e 1%O₂ + 12%CO₂ (D). (Fotos: Sérgio A. Cenci)

Após a pesagem do produto acondicionado, a embalagem de plástico é selada longitudinalmente com o auxílio de uma termosseladora elétrica. Dependendo do mercado e da forma de acondicionamento, a injeção de mistura de gases depois da operação de vácuo, para a modificação da atmosfera, pode ser viável, possibilitando maior vida útil ao produto. Nesse estágio, o produto acondicionado deve ser inspecionado, assegurando-se a integridade da embalagem, para evitar recontaminação. Na etiquetagem, deve constar data de processamento, validade, peso líquido do produto e nome do fornecedor.

Os produtos embalados são colocados em caixas de plástico retornáveis e higienizadas, para facilitar o armazenamento em câmaras frias e a sua distribuição. Essas caixas devem passar por um eficiente programa de limpeza e sanitização sempre que retornarem para a empresa. Alternativa de embalagem é a caixa de papelão ondulado (sem retorno).

4.7 Armazenamento refrigerado e distribuição

O produto processado deve ser armazenado em câmara fria à temperatura entre 1°C e 5°C. A temperatura a 1°C mostrou-se a mais favorável para manter as características sensoriais de brócolis minimamente processados, tornando secundário o efeito da atmosfera modificada no interior da embalagem. Como é difícil manter essa temperatura, principalmente na distribuição e comercialização, procurar mantê-la próximo a 5°C. A 10°C ocorre perda significativa de qualidade ao longo do período de armazenamento, como se vê nas figuras 5 e 6.

A temperatura adequada no armazenamento é um dos fatores mais importantes na manutenção da qualidade e da segurança do alimento minimamente processado. Acréscimo de temperatura acarreta elevação das taxas de respiração, aumento na produção de etileno e conseqüente envelhecimento

do tecido vegetal (senescência). Além disso, quanto maior a temperatura, maior é a taxa de crescimento de microorganismos deteriorantes e patogênicos encontrados na superfície dos vegetais. Numa mesma câmara fria não devem ser armazenados produtos finais (processados) e matéria-prima, para evitar contaminação cruzada.



Figuras 5 e 6. Brócolis minimamente processados, armazenado durante sete dias sob atmosfera controlada de 1%O₂ + 12%CO₂, a 10°C (E) e a 5°C (D). (Fotos: Sérgio A. Cenci)

O produto deve ser distribuído o mais rápido possível depois do processamento, em caminhões refrigerados à temperatura de 5°C. Mantendo-se a cadeia de frio na comercialização, o produto pode ser conservado por até quinze dias.

5. Literatura consultada

AHVENAINEN, R. New approaches in improving the shelf-life of minimally processed fruit and vegetables. **Trends in Food Science and Technology**, v. 7, p. 179-187, 1996.

BALLANTYNE, A.; STARK, R.; SELMAN, J. D. Modified atmosphere packaging of broccoli florets. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 23, p. 267-274, 1988.

BARMORE, C. R. Packing technology for fresh and minimally processed fruits and vegetables. **Journal of Food Quality**, n. 10, p. 207-217, 1987.

BARTH, M. M.; KERBEL, S. L.; BROUSSARD, S.; SCHIMIDT, S. J. Modified atmosphere packaging protects market quality in broccoli spears under ambient temperature storage. **Journal of Food Science**, v. 58, n. 5, p. 1070-1072, 1993.

BASTRASH, S.; MAKHLOUF, J.; CASTAIGNE, F.; WILLEMOT, C. Optimal controlled atmosphere conditions for storage of broccoli florets. **Journal of Food Science**, v. 58, p. 338-341, 360, 1993.

BERRANG, M. E.; BRACKETT, R. E.; BEUCHAT, L. R. Microbial, color and textural qualities of fresh asparagus, broccoli and cauliflower stored under controlled atmosphere. **Journal of Food Protection**, v. 53, p. 391-398, 1990.

BEUCHAT, I. R.; BRACKETT, R. E. Survival and growth of *Listeria monocitogenes* on lettuce as influenced by shredding, chlorine treatment, modified atmosphere packaging and temperature. **Journal of Food Science**, v. 55, n. 3, p. 755-758, 1990.

BRACKETT, R. E. Changes in the microflora of packaged fresh broccoli. **Journal of Food Quality**, v. 12, p. 169-181, 1989.

BRACKETT, R. E. Microbiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. **Journal of Food Quality**, v. 10, p. 195-206, 1987.

BRECHT, J. K. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. **HortScience**, Alexandria, v. 30, n. 1, p. 18-24, 1995.

CAMARGO, W. **As vitaminas do futuro**. Rio de Janeiro: Manuad, 1997, 185 p.

CANTWELL, M. Food safety: microbiological concerns. **Perishables Handling Newsletter Issue**, n. 81, p. 15-16, 1995.

CHRISTIE, G. B. Y.; MACDIARMID, J. I.; SCHLIEPHAKE, K.; TOMKINS R. B. Determination of film requirements and respiratory behavior of fresh produce in modified atmosphere packaging. **Postharvest Biology and Technology**, v. 6, p. 41-54, 1995.

CORCUFF, R.; ARUL, J.; HAMZA, F.; CASTAIGNE, F.; MAKHLOUF, J. Storage of broccoli florets in ethanol vapor enriched atmospheres. **Postharvest Biology and Technology**, v. 7, p. 219-229, 1996.

EXAMA, A.; ARUL, J.; LENCKI, R. W.; LEE, L. Z.; TOUPIN, C. Suitability of plastic films for modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. **Journal Food Science**, v. 58, n. 6, p. 1365-1370, 1993.

FOURNEY, C. F.; RIJ, R. E.; ROSS, S. R.. Measurement of broccoli respiration rate in film-wrapped packages. **HortScience**, v. 24, n. 1, p. 111-113, 1989.

GILLIES, S. L. Effect of atmosphere on broccoli sensory attributes in commercial MAP and microperforated packages. **Journal of Food Quality**, v. 20, p. 105-115, 1997.

ISENBERG, F. M .R. Controlled atmosphere storage of vegetables. **Horticultural Review**, v. 1, p. 337, 1979.

KADER, A. A. Prevention of ripening in fruits by use of controlled atmospheres. **Food Technology**, v. 34, p. 51-53, 1980.

KADER, A. A.; ZAGORY, D.; KERBEL, E. L. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 28, n. 1, p.1-30, 1989.

KASMIRE, R. F.; KADER, A. A.; KLAUSTERMEYER, J. A. Influence of aeration rate and atmospheric composition during simulated transit on visual quality and off-odor production by broccoli. **HortScience**, v. 9, p. 228, 1974.

LEBERMAN, K. W.; NELSON, A. I.; STEINBERG, M. P. Postharvest changes of broccoli stored in modified atmospheres. Respiration of shoots and color of flower heads. **Food Technology** , v. 22, p. 487-490, 1986.

LIPTON, W. J.; HARRIS, C. M. Controlled atmosphere effects on the market quality of stored broccoli. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 99, p. 200-208, 1974.

MAKHLOUF, J.; WILLEMOT, C.; ARUL, J.; CASTAIGNE, F.; EMOND, J. Regulation of ethylene biosynthesis in broccoli flower buds in controlled atmospheres. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 114, p. 955-958, 1989.

MAKLOUF, J.; CASTAIGNE, F.; ARUL, J.; WILLEMOT, C; GOSSELIN, A. Long-term storage of broccoli under controlled atmosphere. **HortScience**, v. 24, p. 637-642, 1989.

MOHD-SOM, F.; KERBEL, E.; MARTIN, S. E.; SCHMIDT, S. J. Microflora changes in modified-atmosphere-packaged broccoli florets stored at refrigerated temperature. **Journal of Food Quality**, v. 17, p. 347-60, 1993.

OHLSSON, T. Minimal processing - preservation methods of the future: an overview. **Trends in Food Science and Technology**, v. 5, p. 117-123, Nov. 1994.

PHILLIPS, C. A. Review: modified atmosphere packaging and its effects on the microbiological quality and safety of produce. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 31, p. 463-479, 1996.

REYES, V. G. Improved preservation systems for minimally processed vegetables. **Food Australia**, v. 48, n. 2, p. 87-90, 1996.

ROBERTSON, G. L. Packing of horticultural products. In: _____ (Ed.). **Food Packing**. New York: Marcel Dekker, 1993. p. 470-506.

SCHLIME, D. V. Marketing lightly processed fruits and vegetables. **HortScience**, v. 30, n. 1, p. 15-17, 1995.

SCHLIME, D. V.; ROONEY, M. L. Packing of minimally processed fruit and vegetables. In: WILEY, R. C. **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables**. London: Chapman and Hall, 1994. 357 p.

SHEWFELT, R. L. Quality of fruits and vegetables. Scientific status summary by the institute of food technologists. **Food Technology**, v. 44, p. 99-106, June, 1990.

SIMONS, L. K.; SANGUANSRI, P. Advances in washing of minimally processed vegetables. **Food Australia**, v. 49, n. 2, p. 75-80, 1997.

WANG, C. Y.; HRUSCKA, H. W. Quality maintenance and anaerobic off-odor and off-flavor production and dissipation in consumer polyethylene-packaged broccoli. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 102, p. 808-815, 1977.

WANG, C. Y. Effect of short-term high CO₂ treatment on the market quality of stored broccoli. **Journal of Food Science**, v. 44, p. 1478-1482, 1979.

WATADA, A. L.; KO, N. P.; MINON, D. A. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. **Postharvest Biology and Technology**, v. 9, p. 115-125, 1996.

WEICHMANN, J. Minerals. In: WEICHMANN, J. (Ed.). **Postharvest physiology of vegetables**. New York: Marcel Dekker, 1987. p. 481-485.

WILEY, R. C. **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables**. London: Chapman and Hall, 1994. 357 p.

ZAGORY, D. What modified atmosphere packaging can and can't do for you. ANNUAL POSTHARVEST CONFERENCE & TRADE SHOW, 16th, March 14 & 15, 2000, Washington State University, Yakima Convention Center. **Anais...** Washington State University, 2000.

ZAGORY, D. Principles and practice of modified-atmospheres packaging of horticultural commodities. In: FABER, J. M.; DODDS, K. L. (Ed.). **Principles of modified-atmospheres and sous vide product packaging**. Canadá: Lancaster, 1995. p. 175-206.

ZAGORY, D.; KADER, A. A. Modified atmosphere packaging of fresh produce. **Food Technology**, v. 42. p. 70-72, September 1988.

ZHANG, S.; FARBER, J. M. The effects of various disinfectants against *Listeria monocytogenes* on fresh-cut vegetables. **Food Microbiology**, v. 13, p. 311-321, 1996.

Capítulo 20

Processamento mínimo de minicenoura

*Celso L. Moretti
Leonora M. Mattos*

1. Introdução

A cenoura (*Dacus carota* L.) é uma das principais hortaliças comercializadas no Brasil, na forma minimamente processada. Cortada em palitos, em fatias (rodela), cubos ou na forma de minicenouras, é um produto que está na maioria das gôndolas dos supermercados brasileiros.

A produção brasileira de cenoura em 2005 ficou em torno de 760 mil toneladas, obtidas em uma área aproximada de 26 mil hectares. Esses números correspondem a aproximadamente 4,5% da produção total e a 3,5% da área total plantada com hortaliças no Brasil (EMBRAPA HORTALIÇAS, 2006). Aproximadamente 10% da produção são classificados como “primeirinha” ou “1A”, de valor comercial inferior.

Nos últimos anos, uma nova modalidade de processamento mínimo de cenoura, conhecida como minicenoura (“baby carrot”), surgiu no mercado nacional. Importada dos EUA desde de 1997, esse tipo de cenoura chegou a atingir, em 2002, a cotação de R\$ 17,00 por quilo, o equivalente a US\$ 7,40. A importação tem diminuído com o aumento da produção interna.

A redução da importação, o crescimento da indústria de processamento mínimo no Brasil, a existência de matéria-prima de boa qualidade e o desejo de fornecer ao pequeno agricultor tecnologia nacional de produção de minicenoura levaram diversas instituições brasileiras a unir esforços para desenvolver tecnologia própria de processamento mínimo de minicenouras no País.

2. Histórico do desenvolvimento da minicenoura

O desenvolvimento da minicenoura ocorreu há aproximadamente vinte anos, quando um produtor de cenouras da Califórnia (EUA), chamado Mike Yurosek, cansou-se de ver, diariamente, quase duzentas toneladas de raízes sem padrão para o mercado *in natura* ir para o lixo. Em algumas cargas, quase setenta por cento das cenouras colhidas eram descartadas por diversas razões (WEISE, 2004).

Desde a década de 60 que a família Yurosek era considerada inovadora no agronegócio de cenouras, buscando alternativas para agregação de valor e melhoria da renda da propriedade familiar. Cansado de ver tanta raiz ir para o lixo, o produtor teve a idéia, que mais tarde se mostrou brilhante, de cortar as raízes maiores, longas e finas, em pedaços menores, padronizados quanto à forma e ao tamanho. Nasceram então as minicenouras, batizadas nos EUA de “baby carrots”, produto que mudou o hábito do consumo de cenouras naquele país desde então.

O desenvolvimento das minicenouras nos EUA contribuiu para que o consumo *per capita* desta hortaliça aumentasse de 3 kg, na década de 60, para aproximadamente 5 kg, em 2004, bem como alterou, via melhoramento genético tradicional, o tamanho das raízes, que possuíam tradicionalmente entre 15 cm e 18 cm, para outras com 20 cm, possibilitando a obtenção de três minicenouras de 5 cm cada para cada raiz processada (WEISE, 2004).

No início, Yurosek e seus familiares começaram cortando as raízes manualmente e usando um descascador de batatas para retirar a casca e torneá-las. Mais tarde, com a bancarrota de pequenas empresas de congelamento de hortaliças na região, a família adquiriu cortadores de feijão-vagem, que cortavam as raízes em dois pedaços de cinco centímetros cada. Foi assim que eles conseguiram padronizar os primeiros lotes de minicenouras processadas em sua empresa.

Rapidamente grandes cadeias de supermercados do estado americano da Califórnia, o principal mercado consumidor das minicenouras de Yurosek, aumentaram de forma vertiginosa os pedidos de minicenouras, que se tornaram um grande negócio. Enquanto as redes de supermercado pagavam R\$ 0,50 por uma embalagem com 1 kg de cenouras inteiras e vendiam a mesma por R\$ 0,85, eles compravam a embalagem de 1 kg de minicenouras por R\$ 2,50 e a revendiam por R\$ 5,00.

Atualmente a região de Bakersfield, na Califórnia (EUA), é uma das maiores produtoras mundiais de minicenouras. Similarmente ao verificado em localidades brasileiras como São Gotardo (MG), cenouras são plantadas e colhidas diariamente naquela região. É também em Bakersfield onde se localizam as duas maiores empresas processadoras de minicenouras dos EUA.

Recentemente o termo “baby carrot” deixou de ser usado nos EUA. Segundo uma associação de consumidores americanos, o termo “baby carrot” passa a idéia errônea de que as minicenouras americanas são raízes colhidas bem pequenas, no início do ciclo, e por isso recebem o nome de “baby carrot”, ou “cenouras-bebê”, na tradução livre. Como visto anteriormente, são raízes longas e finas, cortadas em pedaços menores que são posteriormente torneados. Em função desse detalhe, a associação de consumidores americanos exigiu que o nome fosse mudado. Assim, as então chamadas “baby carrots” agora são denominadas “cut and peeled carrots”, ou seja, cenouras cortadas e descascadas.

No Brasil, o surgimento das minicenouras deu-se por volta do final da década de 90, quando pequenas agroindústrias do Estado de São Paulo deram início ao processamento de raízes sem padrão para o mercado *in natura*. O processo então adotado era totalmente artesanal, desde o corte da matéria prima até a obtenção da minicenoura, que era somente apresentada na forma de palito, similar à “baby carrot” americana. Em 1999, uma pequena indústria metalúrgica de Santo André (SP) desenvolveu um dos primeiros protótipos de torneador de raízes pré-cortadas, que tinha como grande inconveniente a retirada quase total da parte externa da raiz (floema). Naquela época o Brasil ainda importava grande quantidade de minicenouras dos EUA e os preços eram realmente exorbitantes, chegando a custar R\$ 17,00 o quilo.

Desde 1998 a Embrapa Hortaliças vem desenvolvendo várias ações de pesquisa focadas na tecnologia de processamento mínimo de minicenouras. O lançamento da cultivar Alvorada (VIEIRA *et al.*, 1999), que, dentre outras

características, possui maior teor de betacaroteno do que os materiais até então cultivados, além de coloração mais intensa e maior uniformidade da raiz, foi uma significativa contribuição para a melhoria do processo de obtenção de minicenouras com maior qualidade. Ainda no quesito cultivares, Vieira *et al.* (2005) lançaram a cultivar Esplanada, material especificamente desenvolvido para a obtenção de raízes mais finas e compridas, que potencialmente pode contribuir para o aumento da produtividade industrial do processo de obtenção de minicenouras.

Além dessas ações, o grupo de pesquisadores da Embrapa Hortaliças que trabalha no desenvolvimento de tecnologia de processamento mínimo de minicenouras tem contribuído para a melhoria do processo de várias formas. Citam-se, dentre outros: o desenvolvimento de equipamentos de processamento, que têm facilitado de forma substancial o processo de obtenção do produto acabado, e estudos focando novas embalagens, temperaturas de armazenamento e aproveitamento dos resíduos do processamento mínimo. Tais iniciativas têm possibilitado que diversas agroindústrias nacionais tenham sucesso na atividade de processamento mínimo de minicenouras.

3. Fluxograma e descrição das etapas do processamento mínimo de minicenoura

O fluxograma a seguir (Figura 1) mostra as principais etapas do processamento mínimo de minicenoura, no formato similar às “baby carrots” americanas e no formato esférico. Cada etapa é descrita depois detalhadamente.

3.1 Colheita e recepção da matéria-prima

Diversas cultivares são empregadas para a obtenção de minicenouras, sendo as mais indicadas a Nantes Forto (para inverno), a Alvorada e a Esplanada (para verão), em razão da coloração intensamente alaranjada e uniforme do xilema e do floema e pela quase total ausência de ombro-verde e de miolo-branco. Tais defeitos na matéria-prima acabam por originar produtos de baixa qualidade (Figura 2).

Após a colheita, de preferência realizada nas horas mais frescas do dia, as raízes devem ser colocadas à sombra e em seguida resfriadas. No caso do galpão de processamento ser próximo ao campo de produção, o produto pode ser levado diretamente para a área de processamento, a qual deve estar resfriada, a uma temperatura em torno de 15°C, com o auxílio de condicionadores de ar ou de sistema de resfriamento central. Caso contrário, o produto deve ser acondicionado, no campo, em embalagens apropriadas, e posteriormente transportado para o local de processamento.

Na unidade de processamento, pode-se optar por complementar a remoção do calor de campo com o emprego de ar frio ou de água gelada (ao redor de 5°C), quando disponível. Nesse segundo caso, o procedimento consiste em imergir as raízes na água para retirar o calor de campo, o que reduz a velocidade de deterioração do produto.

Figura 1. F
processame.

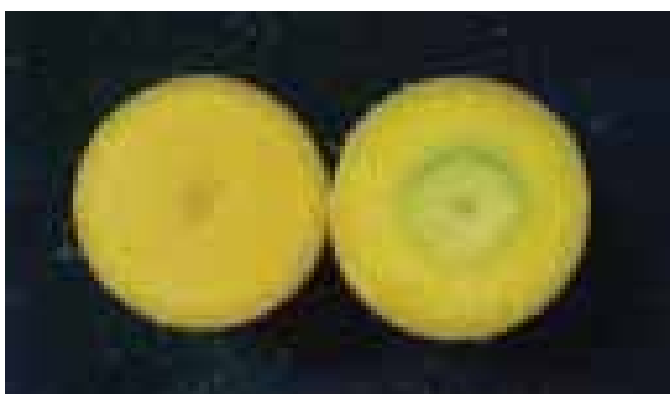
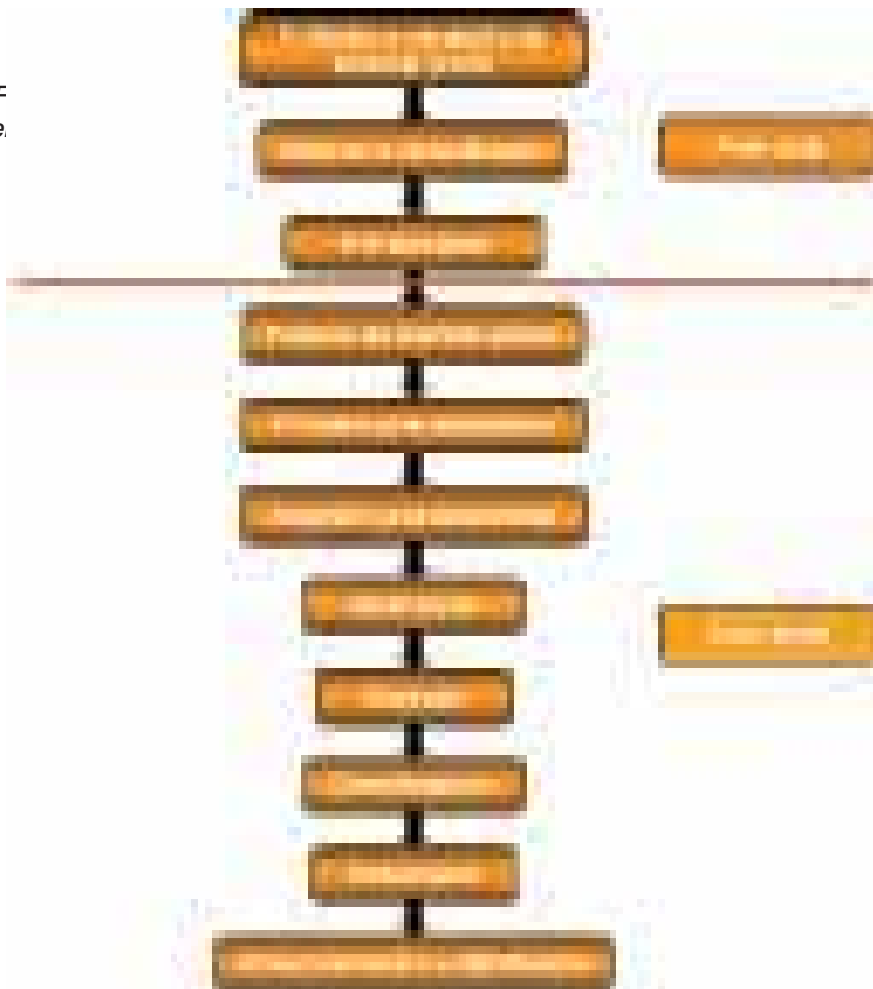


Figura 2. Raízes de cenoura com coloração de miolo uniforme (E) e com presença de miolo-branco e pigmentação esverdeada (D).
(Foto: Celso L. Moretti)

O abaixamento da temperatura da água pode ser conseguido com o dimensionamento de um sistema de refrigeração ou com gelo picado misturado à água. Máquinas de produção de gelo podem ser adquiridas a custo relativamente baixo. A técnica de hidrorresfriamento retira mais rapidamente o calor de campo do que o resfriamento com ar frio e é um procedimento que auxilia consideravelmente na obtenção de um produto com maior vida de prateleira.

3.2 Seleção e classificação

Nesta etapa as raízes com danos mecânicos e danos causados por insetos ou doenças são descartadas. As raízes selecionadas são então classificadas de acordo com as exigências da agroindústria para a produção de minicenouras.

3.3 Pré-lavagem

A pré-lavagem consiste na limpeza (com água limpa corrente e de boa qualidade) do material que vem do campo, a fim de remover matéria orgânica e demais impurezas aderidas ao produto.

3.4 Preparo da matéria-prima

As raízes são cortadas com diâmetro variando entre 2,5 cm e 3,0 cm e comprimento aproximado de 6 cm, para a produção de mincenouras no formato de bastão, similar à “baby carrot” americana. Para a produção de minicenouras esféricas, a matéria-prima é cortada com diâmetro e comprimento variando entre 2,5 cm e 3 cm (Figura 3).

Figura 3. Matéria-prima cortada para a produção de minicenouras. (Foto: Celso L. Moretti)



3.5 Primeiro processamento

Após o corte da matéria-prima no formato desejado, porções de 1 kg da matéria-prima cortada são colocadas na primeira máquina torneadora, que possui lixas mais abrasivas (60 mesh), para a retirada dos tecidos mais externos da raiz. O tempo de torneamento nesta etapa é de 75 segundos. Deve ser usada água limpa e de boa qualidade no processo de torneamento.

3.6 Segundo processamento

Após o torneamento inicial, o material é retirado da primeira torneadora e transferido para a segunda, equipada com lixa menos abrasiva (100 mesh). É

realizado o acabamento, que consiste em tornear porções de 1 kg das raízes por 60 segundos. Nesta etapa também deve ser usada água limpa e de boa qualidade.

3.7 Sanitização

A sanitização ou higienização é feita com a imersão do produto cortado em solução contendo cloro na concentração entre 150 mg e 200 mg de cloro ativo / L de água limpa e na temperatura de 0°C a 5°C, por aproximadamente dez minutos (Figura 4). A solução de cloro pode ser obtida com sanitizantes próprios para alimentos que tenham cloro como ingrediente ativo, facilmente encontrados no mercado. Outras fontes de cloro comercial, como água sanitária e outros produtos de limpeza, devem ser evitadas, porque podem conter resíduos tóxicos.



Figura 4. Minicenouras sanitizadas em solução de cloro com 150 mg/L de cloro ativo.

(Foto: Celso L. Moretti)

A quantidade do produto a ser adicionada à água dependerá da percentagem de cloro ativo do produto comercial. Exemplo:

Produto comercial: X

Cloro ativo: 3%

Concentração da solução a ser preparada: 150 mg/L

Seriam adicionados 150 mg de produto se este possuísse 100% de cloro ativo. Como o produto comercial possui 3% de cloro ativo, faz-se uma regra de três invertida:

$$\left. \begin{array}{l} 150 \text{ mg} \text{ ————— } 100\% \\ x \text{ mg} \text{ ————— } 3\% \end{array} \right\} x = 5.000 \text{ mg} = 5 \text{ g}$$

Portanto, serão adicionados cinco gramas do produto comercial (3% de cloro livre) por litro de água limpa.

Recomenda-se trocar a solução sanitizante após duas ou três vezes de uso ou quando o nível de cloro ativo for menor que 100 mg de cloro ativo / L de água. A manutenção do pH da solução entre 6,5 e 7,5 é um dos pontos-chaves para o sucesso da sanitização. O monitoramento do pH pode ser feito com o auxílio de “kits” para medição de pH, facilmente encontrados em casas que vendem materiais para piscinas. O pH deve ser verificado a cada duas horas. Se detectado abaixo de 6,5, adicionar pequenas quantidades de NaOH (hidróxido de sódio) até elevá-lo aos níveis recomendados. Se detectado acima de 7,5, pode ser reduzido com a adição de ácido cítrico.

As soluções de hidróxido de sódio devem ser preparadas na concentração de 23 g/L e em subunidades de 2,3 g/L e 0,23 g/L, para facilitar o ajuste do pH. A solução de ácido cítrico deve ser preparada na concentração de 192 g/L e em subunidades de 19,2 g/L e 0,192 g/L. Elas devem ser adicionadas à solução sanitizante até que o pH seja corrigido para a faixa desejável.

3.8 Enxágüe

Após o tratamento com cloro, o produto deve ser enxaguado em água limpa e clorada (10 mg cloro ativo / L de água), por aproximadamente cinco minutos, de preferência com temperatura entre 0°C e 5°C.

Estima-se que entre as etapas de pré-lavagem, enxágüe e sanitização sejam gastos entre cinco e dez litros de água por quilo de produto processado. A água em baixa temperatura nessa etapa e na anterior minimiza os efeitos indesejáveis do corte sobre o metabolismo do produto.

3.9 Centrifugação

A centrifugação é especialmente importante para a retirada do excesso de água agregado às minicenouras em decorrência das etapas anteriores (Figura 5). Esta etapa é bastante crítica, porque a retirada de água além do necessário pode causar esbranquiçamento do material, desordem que reduz significativamente o valor comercial final do produto.

Em estudos conduzidos na Embrapa Hortaliças, Moretti *et al.* (2006) determinaram o tempo de centrifugação de minicenouras da cultivar Alvorada colhidas em campos de produção comercial em São Gotardo (MG). As minicenouras foram colocadas em sacos de náilon e centrifugadas (378 rad.s^{-1}) por 0, 30, 60, 90 e 120 segundos. Para a determinação do tempo de centrifugação foram avaliados: a perda de massa, temperatura, atividade respiratória, cor ($L^*a^*b^*$) e conteúdo de betacaroteno. Os autores verificaram que 30 segundos são suficientes para retirar toda a água absorvida em excesso pelas raízes durante as etapas de lavagem e sanitização. Verificaram também que a temperatura das raízes

centrifugadas por 120 segundos era 63% maior do que a temperatura no início do experimento. O índice de esbranquiçamento aumentou de 34% e 68% quando o tempo de centrifugação aumentou de 30 segundos para 60 segundos e de 30 segundos para 120 segundos, respectivamente.

Figura 5. Vista superior de minicenouras colocadas em centrífuga de aço inoxidável para a retirada do excesso de água. (Foto: Celso L. Moretti)



Moretti *et al.* (2006) observaram também que a atividade respiratória aumentou ao redor de 49% quando o tempo de centrifugação aumentou de 30 segundos para 120 segundos. A evolução de etileno permaneceu ao redor de $1,7 \mu\text{L.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ até 60 segundos, aumentando para $3,5 \mu\text{L.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ quando as minicenouras foram centrifugadas por 120 segundos. Não foram observadas alterações significativas nos teores de betacaroteno para os diferentes intervalos de tempo de centrifugação estudados.

Com base nos resultados obtidos, os autores sugeriram que minicenouras devem ser centrifugadas por 30 segundos para a manutenção da qualidade e a minimização da possibilidade de ocorrência de esbranquiçamento nas raízes.

3.10 Embalagem

Inicialmente, o sistema de embalagem mais empregado era o de vácuo parcial associado a filmes de poliolefina multicamadas. Todavia verificou-se que a baixa tensão de oxigênio no interior da embalagem causava anaerobiose e produzia sabores e odores desagradáveis. Diante desse problema, observado com cultivares brasileiras, Moretti *et al.* (2003a) conduziram estudos com minicenouras da cultivar Alvorada visando avaliar diferentes sistemas de embalagem armazenadas em distintas temperaturas.

Cenouras da cultivar Alvorada foram minimamente processadas como minicenouras e embaladas em dois sistemas de embalagem – polietileno de baixa densidade (PEBD) e náilon multicamadas – sendo que, neste último, foi gerado vácuo parcial com o auxílio de uma embaladora automática. As embalagens foram armazenadas a 5°C e 10°C durante vinte dias. Os autores verificaram que, independentemente do tipo de embalagem e da temperatura de armazenamento,

houve tendência de redução dos teores de betacaroteno das minicenouras. A redução do conteúdo desses pigmentos foi mais drástica nas minicenouras armazenadas a 10°C do que a 5°C. Quando compararam os dois sistemas de embalagem, para minicenouras armazenadas numa mesma temperatura, constataram que minicenouras armazenadas em filme de náilon multicamada tiveram perda de betacaroteno reduzida em relação ao material armazenado em PEBD (Figura 6).

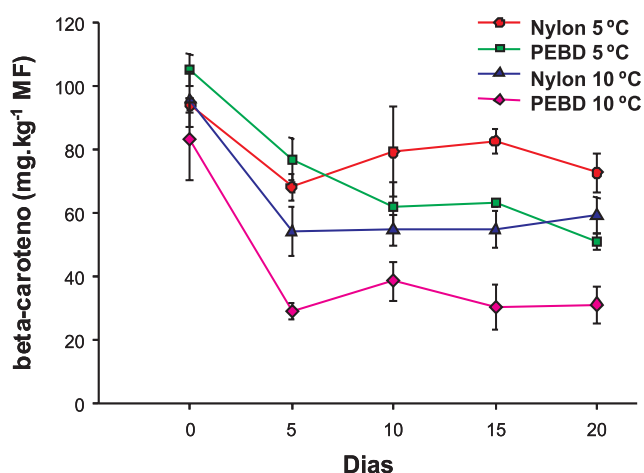


Figura 6. Teor de betacaroteno em minicenouras armazenadas a 5°C e a 10°C, em dois sistemas de embalagem. (Barras verticais representam o desvio padrão da média.)

No que diz respeito ao esbranquiçamento, Moretti et al. (2003a) observaram elevação significativa durante os primeiros cinco dias de armazenamento. As minicenouras embaladas em filme de PEBD tiveram esbranquiçamento mais acentuado do que as embaladas em filme de náilon (Figura 7).

Figura 7. Índice de esbranquiçamento de minicenouras armazenadas a 5°C e a 10°C, em dois sistemas de embalagem. (Barras verticais representam o desvio padrão da média.)

Segundo Moretti et al. (2003a), a maior ocorrência da desordem de esbranquiçamento em filmes de PEBD deve-se ao fato de que este filme de plástico possui maior permeabilidade ao vapor d'água do que o filme de náilon multicamada. Além disso, o armazenamento sob vácuo tem causado, em alguns casos, a "mela" do material minimamente processado, provavelmente por causa do processo de anaerobiose. Tal alteração contribui para que o esbranquiçamento, que basicamente ocorre por causa da desidratação das camadas celulares superficiais, seja reduzido pelo aumento da umidade relativa na superfície da raiz.

Ainda no que diz respeito ao estudo de diferentes filmes de plástico, Buick e Damoglou (1987) estudaram o efeito da embalagem a vácuo sobre a vida de prateleira de cenouras minimamente processadas e verificaram que o crescimento microbiológico foi bem menor em embalagens a vácuo, quando comparadas a embalagens sem vácuo. Os organismos predominantes foram *Leuconostoc* spp., nas embalagens a vácuo, e *Erwinia* spp., em embalagens com maiores tensões de oxigênio. A embalagem a vácuo estendeu significativamente a vida de prateleira das cenouras minimamente processadas, quando armazenadas a 4°C por um período de cinco a oito dias.

Izumi et al. (1995) estudaram a fisiologia e a qualidade de minicenouras armazenadas em atmosfera modificada passiva e atmosfera controlada (0,5% de O₂; 10% de CO₂; 89,5% de N₂), armazenadas a 0°C, 5°C e 10°C. O coeficiente respiratório das minicenouras foi maior no armazenamento sob atmosfera controlada do que em atmosfera modificada, em todas as temperaturas estudadas. A produção de etileno foi menor que 0,1 µL kg⁻¹.h⁻¹. Odores indesejáveis não foram detectados em nenhuma das amostras estudadas. A atmosfera modificada ajudou a reduzir a perda de massa, pH e o crescimento microbiológico.

Amanatidou et al. (2000) observaram que cenouras minimamente processadas tratadas com 0,1% de ácido cítrico mantiveram suas características de produto fresco por oito dias. A qualidade das cenouras minimamente processadas armazenadas sob a atmosfera de 50% de O₂ e 30% CO₂ (balanço de N₂) foi similar ou melhor do que aquelas armazenadas a 1% O₂ e 10% CO₂ (balanço de N₂), após oito dias a 8°C. A vida de prateleira foi aumentada de doze a quinze dias, mas apenas quando os produtos foram tratados com 0,1% de ácido cítrico e armazenados em atmosferas modificadas. Os níveis de oxigênio acima de 70% resultaram em produto de baixa qualidade quando combinados com 10% a 30% de CO₂. Contudo, os autores verificaram que cenouras minimamente processadas tiveram tolerância a concentrações de até 30% de CO₂ na presença de 50% de O₂.

3.11 Armazenamento e distribuição

Depois de embaladas, as minicenouras devem ser armazenadas e comercializadas sob temperatura ao redor de 5°C. O transporte do produto também

deve ser refrigerado, podendo ser em caixas de isopor previamente higienizadas com solução de hipoclorito de sódio (50 mg/L), com camadas de gelo em escama, para auxiliar na manutenção da baixa temperatura. Quando possível, transportar em caminhões frigorificados, que garantem maior estabilidade da temperatura de armazenamento.

As minicenouras são geralmente comercializadas em pacotes de 250 gramas a 300 gramas, em balcões refrigerados que devem estar com temperatura regulada entre 2°C e 5°C. O uso de camadas de gelo em escama não é recomendado, porque o gradiente de temperatura entre a parte superior e inferior da embalagem é significativo.

A vida média de prateleira das minicenouras é de aproximadamente quinze a vinte dias, se todas as condições de processamento, armazenamento e transporte forem observadas. Pequenas variações neste intervalo poderão ocorrer em função da cultivar, da época de colheita e dos cuidados observados durante o preparo do produto.

4. Controle do esbranquiçamento

O esbranquiçamento é uma desordem que ocorre na superfície de minicenouras, causada pela dessecação de células na superfície das raízes e, em menor grau, pela síntese de lignina. É um fator limitante na comercialização do produto, apesar do uso de filmes de plástico polimérico.

O emprego de revestimentos comestíveis superficiais para minimizar a perda de água é efetivo, mas camadas grossas, impermeáveis, interferem na difusão de outros gases e produzem condições anaeróbicas indesejáveis. Isso é verdadeiro especialmente após o processamento, quando o estresse ocasionado temporariamente estimula a respiração. Também não é simples formular revestimentos que adiram à superfície úmida e instável das cenouras minimamente processadas e que atuem como barreira à perda de água.

Alternativas para a minimização do esbranquiçamento em minicenouras foram estudadas por diversos autores, para diferentes cultivares e híbridos, em várias partes do mundo. No Brasil, Moretti *et al.* (2003b) conduziram estudos com cenouras da cultivar Alvorada, tratadas com quatro diferentes concentrações de um revestimento comestível preparado à base de polipeptídeos solúveis em água (Figura 8).

Após o tratamento as minicenouras foram embaladas sob vácuo parcial em embalagens de náilon multicamadas e armazenadas a 5°C ± 1°C por doze dias. Os pesquisadores observaram que nas raízes tratadas com solução a 2% o esbranquiçamento foi significativamente reduzido, quando comparado com as raízes do tratamento-controle. Ao final do estudo, as minicenouras tratadas com solução de polipeptídeos a 2% apresentavam esbranquiçamento 28% menor do que o controle (Figura 9).

Figura 8. Minicenouras tratadas com revestimento comestível à base de polipeptídeos a 2% (parte superior) e controle (parte inferior), para minimização do esbranquiçamento. (Foto: Celso L. Moretti)

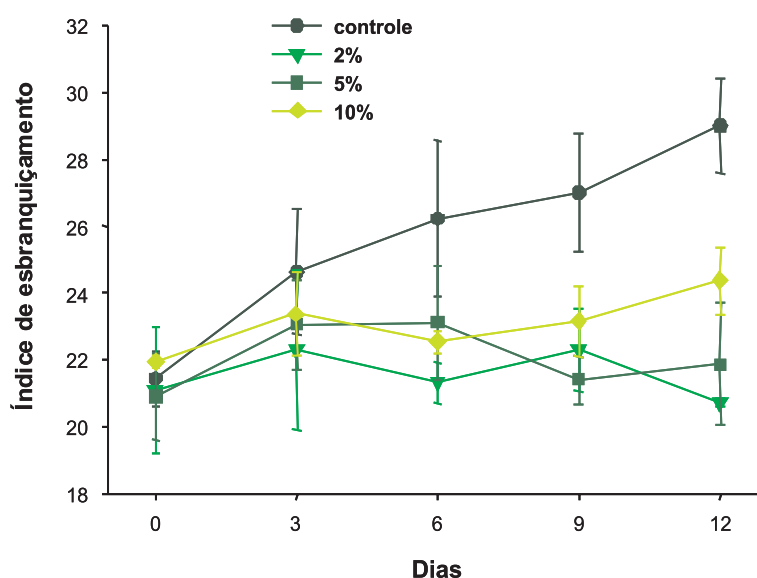
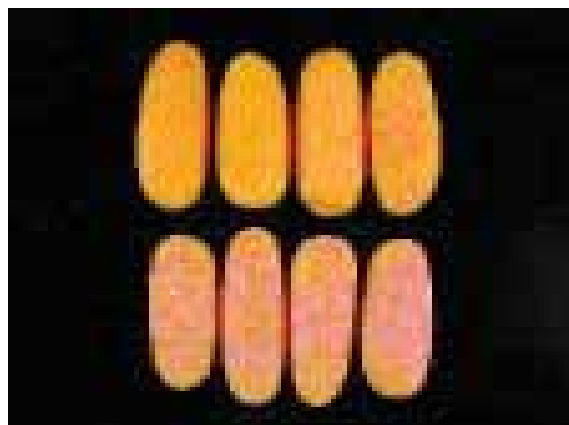


Figura 9. Índice de esbranquiçamento de minicenouras tratadas com diferentes concentrações de revestimento comestível.

De maneira similar aos estudos realizados por Moretti *et al* (2003b), Sargent *et al.* (1994) testaram cinco formulações de coberturas comestíveis à base de carboximetilcelulose. As minicenouras foram imersas por três minutos em soluções de diferentes concentrações e armazenadas em embalagens de plástico microperfurado a 4°C. As minicenouras revestidas tiveram significativamente menos superfície seca e a aparência mais aceitável do que as cenouras que não foram revestidas durante um intervalo de trinta dias de armazenamento. Os autores concluíram que a aplicação de revestimentos comestíveis em minicenouras suavizou o desenvolvimento do esbranquiçamento durante a comercialização.

O efeito de duas coberturas comestíveis de pH variando de 2,7 a 4,6 sobre a retenção de betacaroteno e outras mudanças fisiológicas foi avaliado em cenouras minimamente processadas por Li e Barth (1998). As cenouras foram tratadas com coberturas comestíveis à base de celulose, embaladas e armazenadas

a 1°C por vinte e oito dias. Observou-se que a retenção de betacaroteno foi 15% maior nos tratamentos com coberturas comestíveis em relação ao material sem cobertura por todos o período. Verificou-se também que as amostras tratadas com cobertura comestível de pH mais baixo tiveram concentrações maiores de CO₂ e mais baixas de O₂. As notas de índices de esbranquiçamento foram significativamente menores nas duas amostras com cobertura. A produção de etileno foi muito maior em cenouras tratadas com a cobertura de pH mais baixo. As coberturas comestíveis melhoraram a retenção do betacaroteno e retardaram o esbranquiçamento durante o armazenamento pós-colheita.

Howard e Dewi (1996) verificaram que o tratamento de minicenouras com revestimentos comestíveis não afetou o sabor e o aroma. Os terpenóides totais diminuíram 72% após dezessete dias de armazenamento, sendo que a perda maior ocorreu no terceiro dia após o processamento. As concentrações de alfa- e betacaroteno diminuíram 18% e 14%, respectivamente, em três dias após o processamento mínimo.

Em outro estudo, Cisneros-Zevallos *et al.* (1995) compararam um sistema que controla a umidade relativa e um sistema comercial com filmes de plástico de baixa densidade e observaram que a taxa de esbranquiçamento da superfície aumentou com a diminuição da umidade relativa a 2,5°C e 10°C.

Usando um sistema de absorção de etileno e armazenamento a 2°C, Howard e Griffin (1993) observaram que as atividades das enzimas fenilalanina amônia-liase e peroxidase foram estimuladas pelo processamento mínimo e permaneceram altas durante o armazenamento. Ainda durante o armazenamento, a concentração de fenólicos solúveis aumentou e o teor de matéria seca diminuiu no período de vinte e quatro horas após o processamento e permaneceu constante durante o armazenamento. Os absorvedores de etileno preveniram o acúmulo de etileno e o esbranquiçamento da superfície ou lignificação. A qualidade visual não foi afetada.

Estudando o efeito dos utensílios usados no processamento mínimo de cenouras e sua relação com o esbranquiçamento, Tatsumi *et al.* (1991) mostraram, com o auxílio de microscopia eletrônica de varredura, que cenouras minimamente processadas com uma faca culinária afiada exibiram aparência esbranquiçada e este efeito não foi aparente quando as cenouras foram processadas com processador industrial de lâmina afiada. Tais observações sugerem que a faca tende a separar e a comprimir as células e os tecidos da cenoura, causando rompimento dos tecidos e das células, propiciando a ocorrência da desidratação e conseqüente esbranquiçamento.

5. Considerações finais

A tecnologia de processamento mínimo de minicenouras avançou significativamente nos últimos anos no Brasil. Diversos projetos conduzidos em várias instituições brasileiras contribuíram de forma efetiva para a elucidação de entraves associados à tecnologia. Todavia, muito ainda precisa ser feito. Estudos

focando a melhoria do rendimento industrial, a avaliação de novas matérias primas, o aproveitamento de resíduos gerados e a racionalização do uso da água devem ser contemplados em projetos futuros.

6. Referências bibliográficas

AMANATIDOU, A.; SLUMP, R. A.; GORRIS, L. G. M.; SMID, E. J. High oxygen and high carbon dioxide modified atmospheres for shelf-life extension of minimally processed carrots. **Journal of Food Science**, v. 65, n.1, p. 61-66, 2000.

BUICK, R. K.; DAMOGLU, A. P. The effect of vacuum packaging on the microbial spoilage and shelf-life of 'ready-to-use' sliced carrots. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 16, p. 167-175, 1987.

CISNEROS-ZEVALLOS, L.; SALTVEIT, M. E.; KROCHTA, J. M. Mechanism of surface white discoloration of peeled (minimally processed) carrots during storage. **Journal of Food Science**, v. 60, n. 2, p. 320-324, 1995.

EMBRAPA HORTALIÇAS. **Hortalças em números**. Disponível em: <www.cnph.embrapa.br/paginas/hortalicas_em_numeros/hortalicas_em_numeros/.htm>. Acesso em: 20 nov. 2006.

HOWARD, L. R.; DEWI, T. Minimal processing and edible coating effects on composition and sensory quality of mini-peeled carrots. **Journal of Food Science**, v. 61, n.3, p. 643-645, 1996.

HOWARD, L. R.; GRIFFIN, L. E. Lignin formation and surface discoloration of minimally processed carrot sticks. **Journal of Food Science**, v. 58, p. 1065-1067, 1993.

IZUMI, H.; WATADA, A. E.; KO, N. P. Quality changes in carrots slices, sticks and shreds stored at various temperatures. **Food Science Technology International**, v. 1, n. 2, p. 71-73, 1995.

LI, P.; BARTH, M. M. Impact of edible coatings on nutritional and physiological changes in lightly-processed carrots. **Postharvest Biology and Technology**, v. 14, p. 51-60, 1998.

MORETTI, C. L. ; MATTOS, L. M. ; VIEIRA, J. V. ; KLUGE, R. A. ; JACOMINO, A. P. Tempo de centrifugação determina o comportamento fisiológico e atributos de qualidade em minicenouras. In: ENCONTRO NACIONAL DE PROCESSAMENTO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 4., 2006. São Pedro, SP. **Anais...** Piracicaba, SP: ESALQ/USP, 2006. v. 1. p. 124.

MORETTI, C. L.; BERG, F. L. N.; MATTOS, L. M.; DURIGAN, M. F. B.; CARON, V. C.; KLUGE, R. A.; JACOMINO, A. P. Storage temperature and packaging determine the physiological behavior and quality attributes of round-shaped baby carrots.

In: AUSTRALASIAN POSTHARVEST HORTICULTURE CONFERENCE, 2003, Brisbane. **Proceedings...** Brisbane, Australia: University of Queensland, 2003a. p. 58.

MORETTI, C. L.; BERG, F. L. N.; MATTOS, L. M.; DURIGAN, M. F. B.; CARON, V. C.; KLUGE, R. A.; JACOMINO, A. P. Temperatura de armazenamento e embalagem determinam o comportamento fisiológico e a qualidade de minicenouras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 43., 2003, Recife. **Anais...** Recife: SOB, 2003b. CD-ROM.

SARGENT, S. A.; BRECHT, J. K.; ZOELLNER, J. J.; BALDWIN, E. A.; CAMPBELL, C. A. Edible films reduce surface drying of peeled carrots. **Proceedings of the Florida State Horticulture Science**, v. 107, p. 245-247, 1994.

TATSUMI, Y.; WATADA, A. E.; WERGIN, W.P. Scanning electron microscopy of carrot stick surface to determine cause of white translucent appearance. **Journal of Food Science**, v. 56, n. 5, p. 1357-1359. 1991.

VIEIRA, J. V.; SILVA, J. B. C.; CHARCHAR, J. M.; REZENDE, F. V.; BOITEUX, M. E. N. F.; CARVALHO, A. M.; MACHADO, C. M. M. Esplanada: cultivar de cenoura de verão para fins de processamento. **Horticultura Brasileira**, v. 23, p.851-852, 2005.

VIEIRA, J. V.; RITCHEL, P. S.; CHARCHAR, J. M.; LANA, M. M.; LIMA, D. B.; LOPES, C. A.; MOITA, A.W. Alvorada: nova cultivar de cenoura para plantio de verão. **Horticultura Brasileira**, v.18, p.679-680, 1999.

WEISE, E. **Digging the baby carrot**. Disponível em: <http://www.usatoday.com./life/lifestyle/2004-08-11-baby-carrot_x.htm. Acesso: em 12 ago. 2004.

Capítulo 21

Processamento mínimo de couve

Marcelo A. G. Carnelossi

Ebenézer O. Silva

Rolf Puschmann

1. Introdução

A couve (*Brassica oleracea* var. *acephala*) é uma hortaliça arbustiva anual, que produz folhas que podem ser consumidas tanto cruas, em salada, como cozidas. É grande a sua demanda em médios e grandes centros urbanos. Em Brasília, DF, por exemplo, são consumidas, mensalmente, cerca de doze toneladas de couve minimamente processada (MORETTI *et al.*, 2000).

Existem várias cultivares (Chou Beurre, Geórgia, Manteiga Ribeirão Pires, IAC, Manteiga Jundiaí, Pé Alto e Portuguesa) e híbridos (Hicrop e Hevi crop). As cultivares conhecidas como 'Manteiga' são as mais consumidas e as mais usadas para processamento mínimo.

Folhas de couve minimamente processadas sem procedimentos rígidos de controle apresentam rápida deterioração fisiológica e microbiológica (CARNELOSSI, 2000; BITTENCOURT, 2000). Os principais problemas que afetam a qualidade durante o armazenamento estão relacionados com a perda da coloração verde, ressecamento, cheiro desagradável e conseqüente curto tempo de vida de prateleira, por causa do acelerado processo de senescência (BEAULIEU *et al.*, 1997; CARNELOSSI, 2000).

Embora o fatiamento da folha aumente consideravelmente o seu metabolismo respiratório (CARNELOSSI, 2000), a couve pode ser conservada por vários dias sob a forma minimamente processada, desde que manuseada, embalada e refrigerada adequadamente, o que se mostra conveniente para a sua comercialização.

2. Fluxograma e descrição das etapas do processamento mínimo de folhas de couve

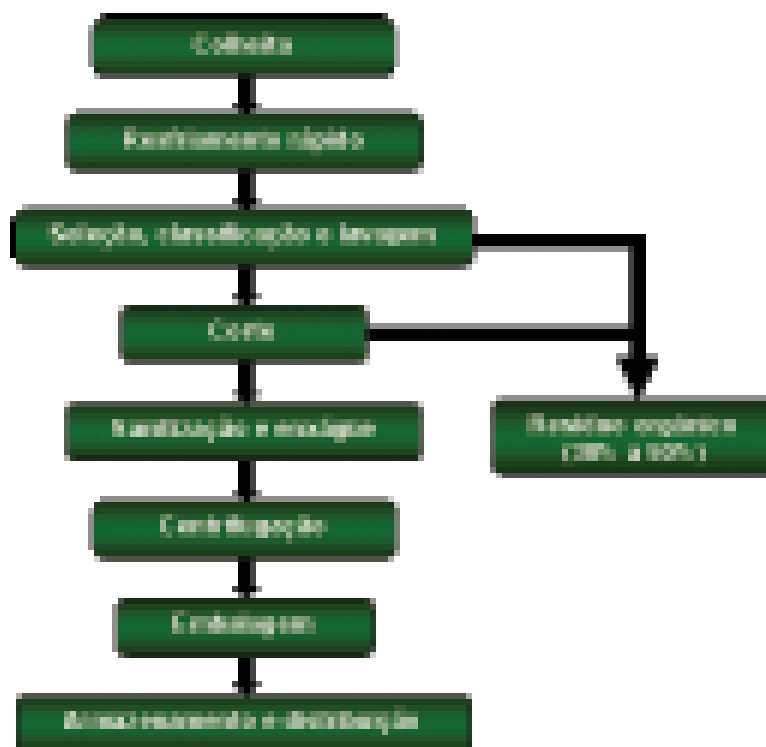
O processamento mínimo de folhas de couve inclui várias operações para a obtenção de um produto fresco, saudável e que não necessite de subsequente preparo. O fluxograma a seguir (Figura 1) mostra todas as etapas do processamento mínimo de folhas de couve na indústria. Ele pode ser adaptado de acordo com as necessidades cotidianas de produção, visando sempre melhorar a qualidade final do produto. Cada etapa é descrita detalhadamente logo em seguida.

2.1 Colheita e manuseio pós-colheita

A obtenção de matéria-prima de boa qualidade inicia-se antes da colheita. Após a colheita, os cuidados devem ser redobrados, a fim de que a matéria-prima chegue em boas condições à unidade de processamento mínimo.

As folhas de couve devem ser colhidas no ponto ótimo de maturidade hortícola, que corresponde a folhas com aproximadamente 35 cm a 40 cm de comprimento (MEDINA, 1991). As folhas devem ter boa aparência e estar isentas de fermentos, manchas ou danos causados por insetos e pragas.

Figura 1. Fluxograma do processamento mínimo de folhas de couve.



A colheita manual é a mais indicada e também a mais praticada pelos produtores, devendo ser realizada preferencialmente nas horas mais frescas do dia, para proporcionar o controle de temperatura do produto. Para couve *in natura*, no entanto, a colheita das folhas às 13 horas, quando estão com acentuado déficit hídrico, resulta em atraso de um dia na senescência pós-colheita, em relação às folhas colhidas às seis horas, mantidas sob condições experimentais no escuro (AMARANTE e PUSCHMANN, 1993). Em consequência, Amarante e Puschmann (1993) sugeriram que o estado hídrico da folha de couve no momento da colheita parece não ser o principal fator determinante da senescência e longevidade, desde que seja minimizada a perda de água durante o seu armazenamento.

Para couve minimamente processada, Carnellosi (2000) verificou que o horário de colheita das folhas de couve afeta significativamente a taxa respiratória da folha de couve minimamente processada, mas não afeta o seu tempo de vida de prateleira e a sua qualidade. O processamento imediato tem efeito fisiológico benéfico de retardar a senescência. No entanto, se a colheita e o processamento forem realizados em horários diferentes, deve-se proceder ao resfriamento rápido das folhas, de forma a reduzir o seu metabolismo e a recuperar a sua turgescência (CARNELOSSI, 2000). Assim é possível viabilizar a colheita e o processamento de couve em diferentes horários, obtendo-se produtos com alta qualidade e vida de prateleira estendida.

Todos os equipamentos usados na colheita, como caixas de plástico, sacos e outros, devem estar limpos e higienizados. As caixas de plástico para a

acomodação das folhas colhidas não devem ficar em contato com o solo, a fim de evitar o transporte de sujeira para a área de processamento e a contaminação do produto com microorganismos fitopatogênicos do solo.

2.2 Resfriamento rápido

Por causa da sua transpiração, as folhas murcham rapidamente e visivelmente durante a colheita e o transporte até o local de processamento (AMARANTE, 1993). Simultaneamente, o estresse resultante da colheita aumenta transitoriamente o metabolismo (Figura 2). Sugere-se então que o processamento mínimo de couve ocorra após a estabilização da taxa respiratória, evitando-se assim realizá-lo logo após a colheita, quando a taxa respiratória e a produção de etileno estão mais acentuadas. Para a completa reidratação foliar e a concomitante remoção do calor de campo, as folhas devem passar por um resfriamento rápido ou hidrorresfriamento.

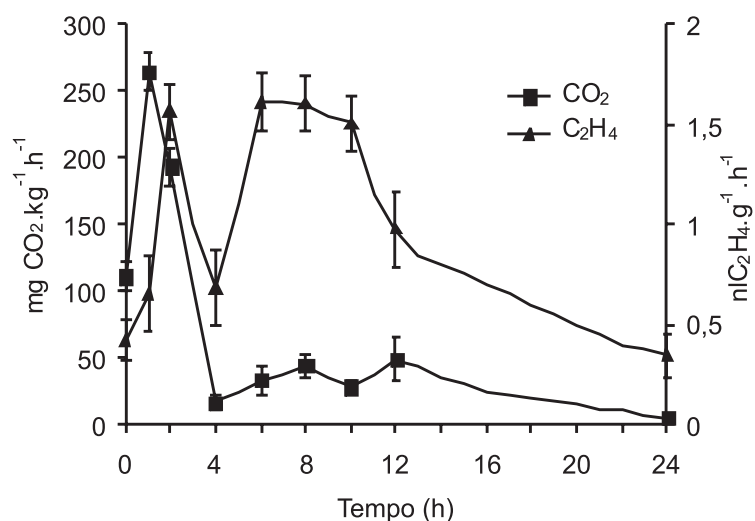


Figura 2. Taxa respiratória e produção de etileno de folhas de couve inteiras, mantidas a 25°C, em sistemas fechados, com medições iniciadas imediatamente após a colheita. (Barras verticais representam o erro padrão da média.)

Após a colheita as folhas devem ser colocadas em recipientes que permitam que o pecíolo fique imerso em água e assim devem ser armazenadas em câmara fria a 5°C ± 2°C, por quatro a oito horas, para recuperar a sua turgescência (CARNELOSSI, 2000) e reduzir a sua atividade metabólica. Folhas de couve minimamente processadas após resfriamento rápido apresentaram taxas respiratórias 50% menores do que as processadas logo após a colheita (Figura 3).

2.3. Seleção, classificação e lavagem

A seleção das folhas antes do processamento visa a não contaminação da área de processamento e a obtenção de um produto final de boa qualidade.

Nesta etapa eliminam-se os materiais impróprios para o consumo e as partes vegetais não processáveis, como os talos. As folhas de couve devem ser pré-selecionadas e classificadas pelo tamanho, aparência visual e integridade, facilitando assim o manuseio durante o processamento.

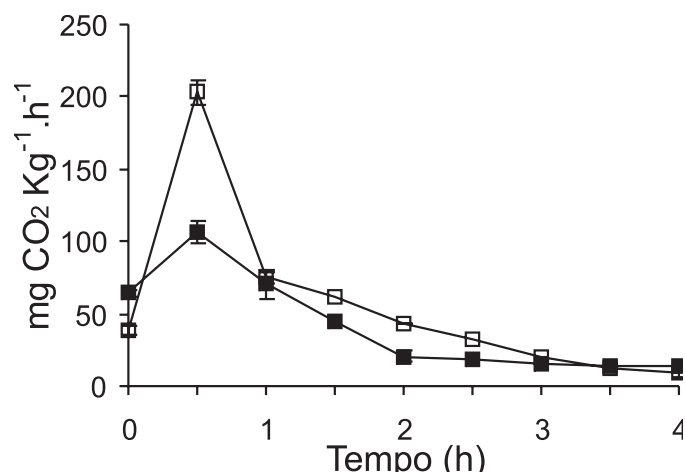


Figura 3. Taxa respiratória de folhas de couve minimamente processadas imediatamente após a colheita (■) ou após o resfriamento (□). (Barras verticais representam o erro padrão da média.)

As folhas devem ser lavadas em tanques próprios, por imersão ou com água corrente, limpa e de boa qualidade, retirando as impurezas, insetos e outros organismos que estejam aderidos ao produto. A imersão deve durar aproximadamente cinco minutos. Para maior eficiência da limpeza, usar detergentes próprios para alimentos. Posteriormente as folhas devem ser enxaguadas com água limpa, para a retirada do excesso de detergente.

Nesta etapa, ainda, faz-se também a retirada da nervura central, com facas afiadas e higienizadas. Após todas essas operações, o produto deve ser colocado em caixas limpas e higienizadas, para serem usadas na área de processamento.

2.4 Corte

Testes visuais de aceitabilidade, realizados com potenciais consumidores de couve minimamente processada (dados não publicados), indicaram aceitação significativa ($p < 0,05$) para a amostra de couve fatiada na faixa de 1,5 mm \pm 1 mm de largura, situando-se entre os valores 7 e 8, correspondentes aos termos da escala hedônica “gostei moderadamente” e “gostei muito” (Tabela 1). A partir desses testes, o fatiamento mecânico com corte nominal de um milímetro passou a ser proposto como referência.

O corte aumenta a taxa respiratória da folha de couve aproximadamente duas vezes (Figura 4), indicando que o estresse do corte tem efeito drástico sobre o metabolismo do produto picado (CARNELOSSI, 2000).

Tabela 1. Médias das notas obtidas no teste de aceitabilidade para folhas de couve minimamente processadas em duas larguras de corte.

Corte nominal (mm)	Largura observada (mm)	Aceitabilidade
1	1,5 ± 0,5	7,4 a
10	10,0 ± 2,0	5,4 b

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste Scott-Knott.

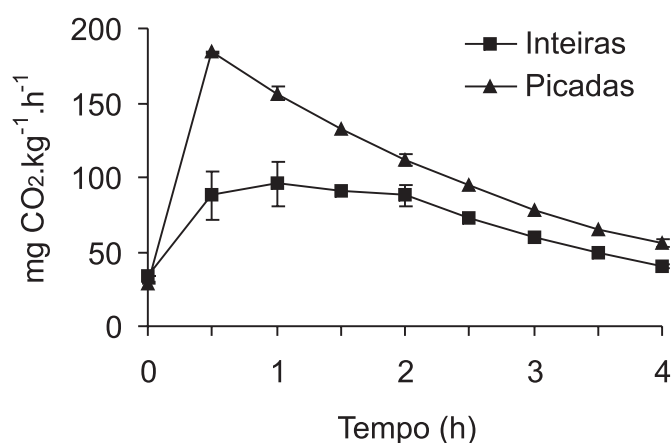


Figura 4. Taxa respiratória de folhas de couve inteiras e minimamente processadas (picadas), mantidas a 25°C em sistemas fechados. (As medições foram realizadas quatro horas após a colheita.) (Barras verticais representam o erro padrão da média.)

À medida que se eleva a temperatura, verifica-se também aumento na taxa respiratória e na produção de etileno do produto minimamente processado, sem embalagem (CARNELOSSI, 2000; TELES, 2001). Na figura 5 observa-se que a menor média de taxa respiratória foi de 160,67 mg CO₂.kg⁻¹.h⁻¹, obtida a 5°C, e a maior foi de 494,40 mg CO₂.kg⁻¹.h⁻¹, obtida a 20°C (TELES, 2001).

A taxa respiratória tendeu ao decréscimo com o decorrer do tempo, o que pode ser explicado pela senescência do produto, acelerada pela desidratação.

Cantwell (1992) observou que, durante o armazenamento, a taxa respiratória do repolho minimamente processado também diminuiu e que a elevação da temperatura provocou aumento da taxa respiratória.

A elevação da temperatura em 10°C ocasionou aumentos de 2,1 vezes a 2,4 vezes na taxa respiratória, sendo o maior aumento verificado quando a temperatura passou de 10°C para 20°C (Tabela 2). Watada *et al.* (1996) observaram que, de quinze hortaliças e frutas frescas, onze delas tiveram o $Q_{(10-20)}$ superior ao $Q_{(0-10)}$.

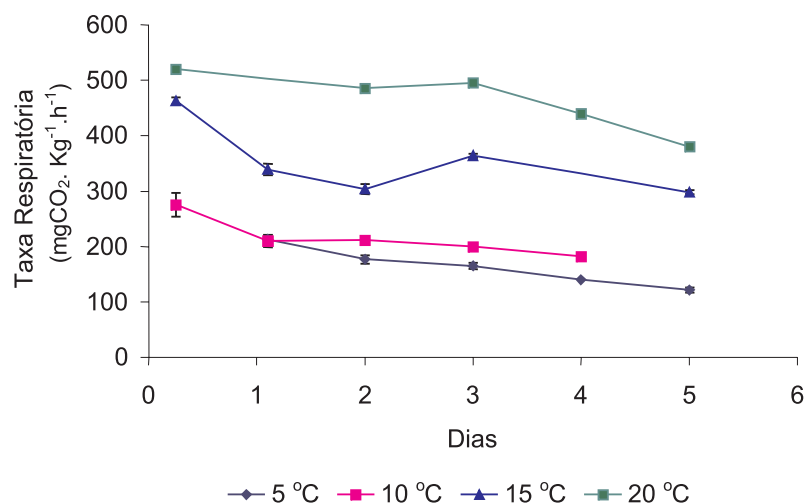


Figura 5. Taxa respiratória de couve minimamente processada nas temperaturas de 5°C, 10°C, 15°C e 20°C, mantidas em sistemas abertos. (Barras verticais representam o erro padrão da média.)

Tabela 2. Taxas respiratórias e valores de Q_{10} de couve minimamente processada, submetida à variação de temperatura de 5°C a 20°C.

Temperatura (°C)	Taxa Respiratória* (mg CO ₂ .kg ⁻¹ .h ⁻¹)	Q_{10}
5	160,67	Q(5-15) 2,08
10	207,27	
15	334,61	Q(10-20) 2,38
20	494,40	

* Média dos valores obtidos entre o primeiro e o quarto dia de armazenamento.

Watada e Qi (1999) afirmam que a utilização de baixas temperaturas é o principal fator na manutenção da qualidade de produtos minimamente processados e que se deve manter a temperatura próxima a 0°C, desde que seja economicamente viável e o produto não seja sensível a injúrias por frio.

Esses resultados mostram a importância do controle da temperatura durante todas as etapas do processo (CARNELOSSI, 2000). Segundo Brecht (1995), baixa temperatura é o fator mais comum e mais importante para minimizar os efeitos de injúrias causadas durante o processamento mínimo de frutas e hortaliças. As injúrias reduzem a vida de prateleira e ocasionam perdas nas propriedades nutricionais e sensoriais dos produtos minimamente processados.

Cantwell (2000) recomenda estrito controle da temperatura durante o processamento, transporte e armazenamento, a fim de minimizar os danos e reduzir o crescimento microbiológico.

2.5 Sanitização e enxágüe

A sanitização de couve minimamente processada deve ser realizada por imersão em água resfriada a 5°C, com gelo, contendo 150 ppm de cloro ativo, por aproximadamente dez minutos (SIMONS e SANGUANSRI, 1997). Em seguida deve ser enxaguada em água resfriada a 5°C, contendo 3 ppm de cloro ativo, para a retirada do excesso de sanitizante. O cloro ativo deve ser próprio para alimentos, encontrado facilmente no mercado. Para a sanitização e enxágüe, que devem ser realizados em tanques de aço inoxidável distintos, o produto deve ser colocado em sacos de náilon ou em caixas de plástico limpas e higienizadas. Nos tanques de sanitização e enxágüe os produtos devem ficar completamente imersos. A solução (água + cloro) deve ser trocada pelo menos de quatro a seis vezes ao dia.

Estudos realizados por Carnelossi (2000) demonstraram que a baixa temperatura (5°C) durante a sanitização reduz a taxa respiratória do produto em aproximadamente 25%, quando comparada com a sanitização a 22°C ± 2°C (Figura 6). Watada *et al.* (1996) já haviam demonstrado que a baixa temperatura durante a sanitização reduz a taxa respiratória de produtos minimamente processados. Além disso, contribui para a manutenção da qualidade do produto, com base em estudos que tomaram como parâmetros de qualidade os teores de sólidos solúveis e de vitamina C (CARNELOSSI, 2000). Assim, sob baixas temperaturas, as agroindústrias poderiam processar a couve continuamente, obtendo produto com alta qualidade e estendida vida de prateleira.

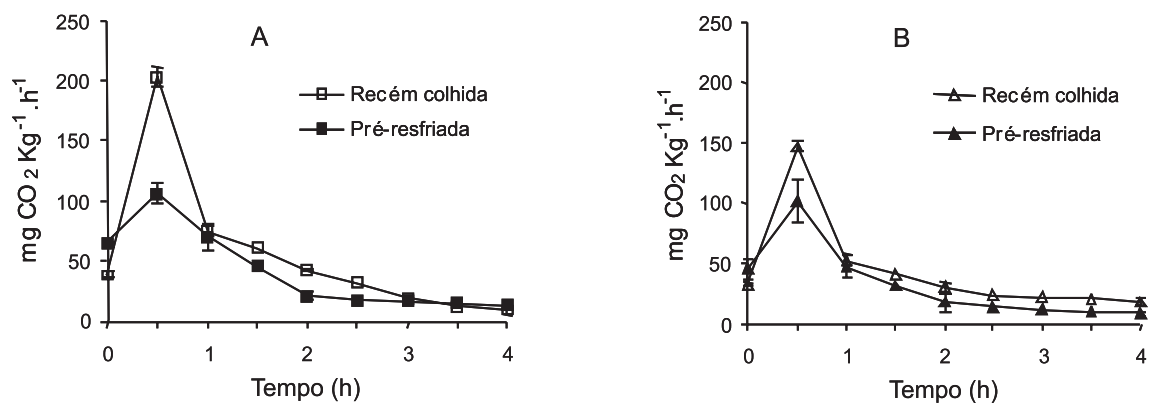


Figura 6. Taxa respiratória de folhas de couve minimamente processadas recém-colhidas ou pré-resfriadas, sanitizadas a 22°C ± 2°C (A) e a 5°C (B). (Barras verticais representam o erro padrão da média.)

Bittencourt (2000) verificou também que a sanitização mostrou-se mais eficiente quando feita por imersão das folhas processadas em água resfriada a 5°C ± 1°C, com gelo, contendo 150 mg.L⁻¹ a 200 mg.L⁻¹ de cloro ativo, por dez minutos. A eficiência na redução da contaminação foi idêntica para a sanitização realizada antes e após o fatiamento (Tabela 3). A sanitização de folhas inteiras, no entanto, resultou na manutenção de níveis elevados de cloro ativo na solução (Tabela 3), permitindo a sua reutilização por maior número de vezes. Embora isso

represente economia de cloro ativo no processo, a operação é mais difícil para grandes volumes de processamento.

Tabela 3. Médias do logaritmo de contagem de aeróbios mesófilos (UFC) em couve processada e médias de cloro ativo, inicial e final, nas soluções sanitizantes.

Tratamento	Log UFC g ⁻¹	Cloro ativo (mg.L ⁻¹)	
		Inicial	Final
Controle	6,6 a		
Corte - Sanitização - Enxágüe	5,3 b	220 a	99 b
Sanitização - Corte - Enxágüe ¹	4,5 b	212 a	195 a

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste Scott-Knott.

1. Nessa seqüência a sanitização foi efetuada em folhas inteiras.

2.6 Centrifugação

A centrifugação é necessária para retirar o excesso de água no produto em decorrência da lavagem, sanitização e enxágüe. Pode ser realizada com uma centrífuga doméstica de pequeno porte, com velocidade constante equivalente a 800 x *g*, ou com centrífugas industriais com velocidades maiores. O tempo de centrifugação mais adequado para retirar o excesso de água e fluidos celulares resultantes da lavagem, do fatiamento e da sanitização deve ser determinado, para cada situação específica, por meio da variação do tempo (4, 6, 8, 10, 12 e 14 minutos) de centrifugação e de acordo com as condições específicas de operação, como velocidade angular e raio da centrífuga e quantidade de produto a ser centrifugado.

Carnelossi (2000) observou que o tempo de centrifugação de couve minimamente processada em uma centrífuga doméstica de pequeno porte com velocidade constante equivalente a 800 x *g* deve ser de dez minutos. De acordo com o mesmo autor, após dez minutos de centrifugação, o peso do produto logo após a centrifugação foi igual ao peso do produto após a etapa de sanitização (Figura 7a). Com períodos de tempo inferiores (entre quatro e oito minutos), a diferença de peso do produto foi positiva, indicando que esses tempos não foram suficientes para retirar o excesso de água do mesmo (Figura 7a). Quando a centrifugação foi realizada por doze e catorze minutos, a diferença de peso foi negativa, mostrando retirada excessiva de água, resultando em produto final ressecado, característica desfavorável para o produto minimamente processado.

O teor de sólidos solúveis (°brix) da folha inteira e após a etapa de corte decresceu de cerca de 8°brix (Figura 7b) para 5°brix após a sanitização, por causa da grande quantidade de água aderida à superfície do material e à parede celular das células cortadas, diluindo assim o conteúdo de sólidos solúveis durante a extração do suco celular. O teor de sólidos solúveis aumentou com o tempo de

centrifugação, retornando aos níveis iniciais após dez minutos de centrifugação (Figura 7b). Esses resultados comprovam que o tempo de dez minutos de centrifugação é o ideal para retirada de excesso de água, ficando o produto com o conteúdo de sólidos solúveis igual ao da folha inteira.

Tempos de centrifugação superiores a dez minutos causaram diminuição do teor de sólidos solúveis. Observou-se, também, que o teor de sólidos solúveis na água resultante da centrifugação do produto, em todos os tempos, não variou, sugerindo algum efeito do tempo de centrifugação sobre processos catabólicos, tais como a respiração, resultando na diminuição dos teores de sólidos solúveis naqueles tempos de centrifugação (Figura 7c).

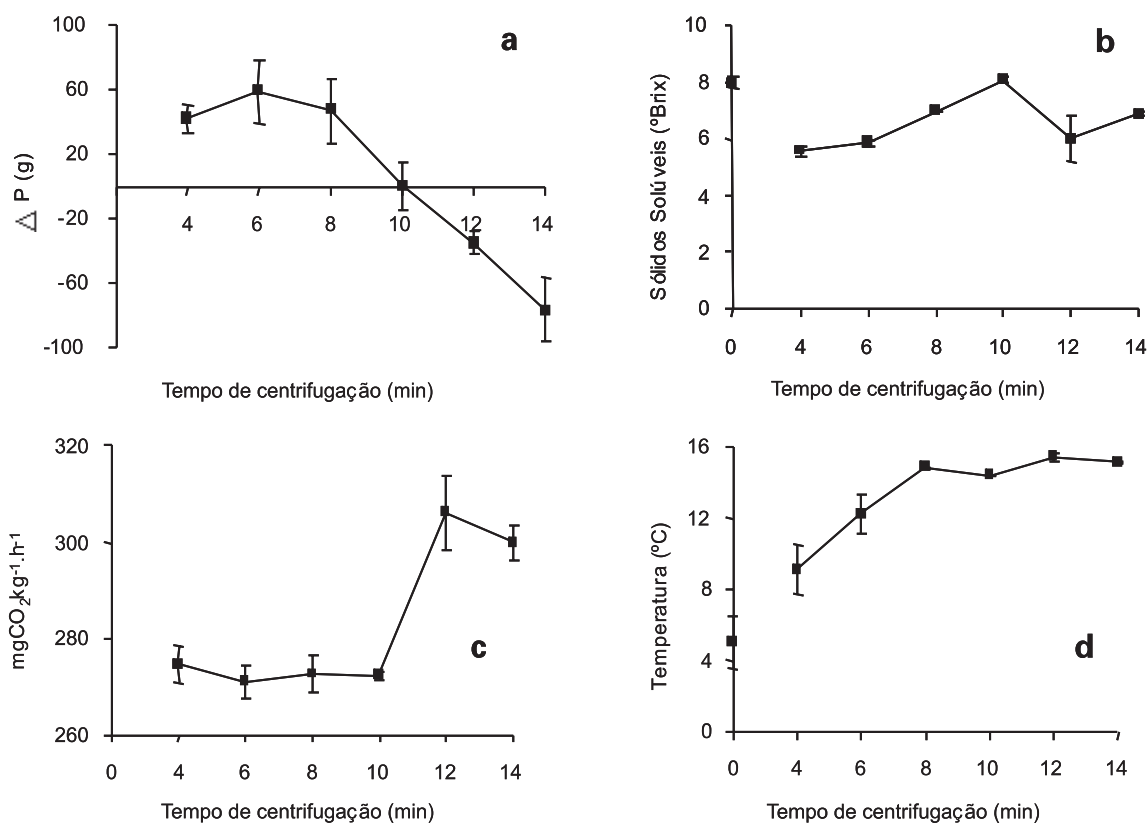


Figura 7. Diferença de peso ($\Delta P = \text{peso do produto centrifugado} - \text{peso do produto cortado}$) (a), °brix (b), taxa respiratória (c) e temperatura (d) do produto minimamente processado após 0, 4, 6, 8, 10, 12 e 14 minutos de centrifugação. (Barras verticais representam o erro padrão da média.)

A taxa respiratória da couve minimamente processada após a centrifugação (Figura 7c), manteve-se em torno de $270 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, até o tempo de dez minutos de centrifugação. Nesse período, a temperatura do produto aumentou de $5^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$, após a sanitização e antes da centrifugação, para 15°C após oito minutos de centrifugação (Figura 7d). Após doze e catorze minutos de centrifugação observou-se aumento da respiração, passando de $270 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ para $298 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ e $305 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, respectivamente. Sugere-se

que a elevação da temperatura, após oito minutos de centrifugação, pode ser uma das responsáveis pelo aumento da taxa respiratória (Figura 7c). Esse aumento na taxa respiratória poderia, então, ser um dos responsáveis pela queda do teor de sólidos solúveis após doze minutos de centrifugação, mencionado anteriormente (Figura 7b).

Com base nesses resultados, o tempo de centrifugação de dez minutos mostrou-se ideal para o processamento mínimo da folha de couve.

2.7 Embalagem

O uso de filmes de plástico que restringem a perda de água é de vital importância para a manutenção da qualidade da couve minimamente processada, ainda que sob baixas temperaturas. Por ser extremamente sensível à desidratação, a conservação de couve minimamente processada depende de uma embalagem que restrinja a perda de água e que ao mesmo tempo permita trocas gasosas de oxigênio e gás carbônico.

O uso de embalagem de poliolefina multicamada com permeabilidade de aproximadamente $16.500 \text{ cm}^3 \text{ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ e $32.000 \text{ cm}^3 \text{ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ de O_2 e CO_2 , respectivamente, citada dentre os filmes mais permeáveis disponíveis no mercado, sob refrigeração a 5°C , resulta em um produto com níveis mais elevados de clorofila total (Figura 8) e retardamento da degradação de vitamina C total (Figura 9), comparado à refrigeração sob 10°C , levando à manutenção da qualidade comercial e ganho de tempo.

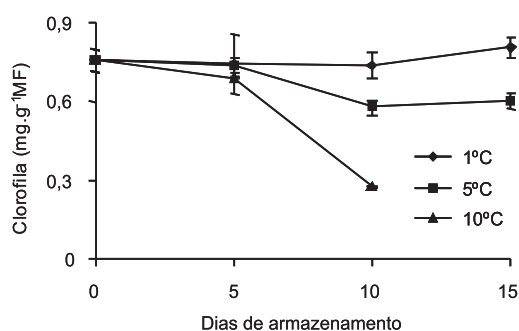


Figura 8. Teores de clorofila total em couve minimamente processada, em embalagens com elevada permeabilidade, durante armazenamento a 1°C , 5°C e 10°C . (Barras verticais representam o erro padrão da média.)

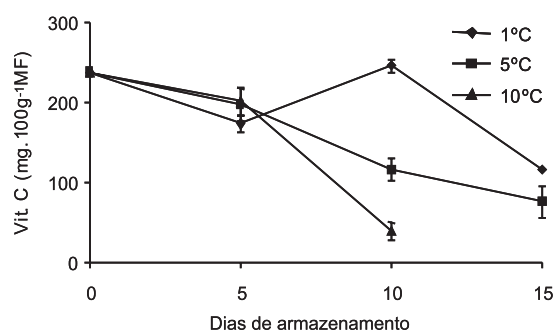


Figura 9. Teores de vitamina C total em couve minimamente processada, em embalagens com elevada permeabilidade, durante armazenamento a 1°C , 5°C e 10°C . (Barras verticais representam o erro padrão da média.)

O equilíbrio de gases no interior de embalagens com alta permeabilidade nas temperaturas de 5°C e 10°C pode ser observado na figura 10. Quando a 10°C , a concentração de O_2 ficou em aproximadamente 2% e a de CO_2 , em torno de 1,2%, até o nono dia de armazenamento. A 5°C , as concentrações de O_2 e CO_2 se estabilizaram em aproximadamente 1% e 2%, respectivamente, até doze

dias de armazenamento. O equilíbrio de gases e sua manutenção durante o período de armazenamento está relacionado com a permeabilidade a gases da embalagem e ao metabolismo da couve minimamente processada.

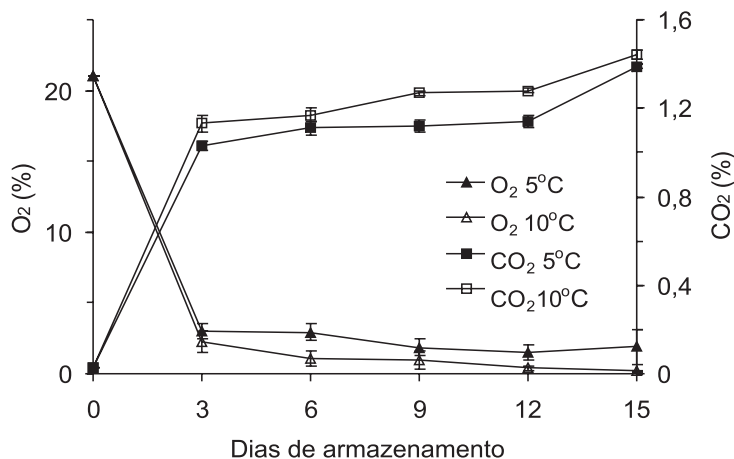


Figura 10. Concentração de CO₂ e O₂ em embalagens com elevada permeabilidade contendo couve minimamente processada, durante armazenamento a 5°C e 10°C. (Barras verticais representam o erro padrão da média.)

No interior da embalagem Carnelossi (2000) observou também maior acúmulo de etileno logo no início do período de armazenamento (Figura 11). Sugere-se que esse acúmulo possa ter ocorrido por causa do estresse ocasionado pelo corte. Do terceiro ao sexto dia de armazenamento ocorreu diminuição da concentração de etileno, o que pode ser decorrente das características de permeabilidade da embalagem. Após o nono dia de armazenamento verificou-se um novo aumento da concentração de etileno no interior da embalagem (Figura 11).

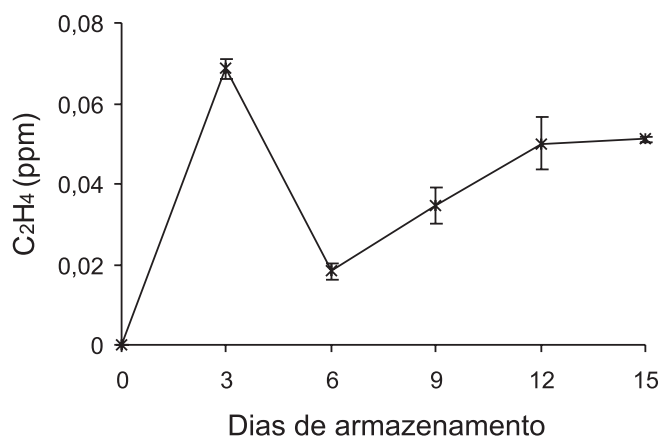


Figura 11. Concentração de C₂H₄ (ppm) no interior de embalagens com elevada permeabilidade contendo couve minimamente processada durante armazenamento a 5°C. (As barras representam o erro padrão da média.)

Sugere-se que este aumento na produção de etileno poderia estar estimulando a respiração do produto e, assim, causando aumento da concentração CO_2 e diminuição de O_2 após o décimo segundo dia de armazenamento (Figura 10). Esses resultados reforçam a idéia de que folhas de couve minimamente processadas apresentam produção climatérica de etileno, como observado em folhas de couve intactas (AMARANTE, 1991) e em frutos climatéricos (KAYS, 1991).

O uso de atmosfera modificada ativa pela injeção de gases em embalagens e o uso de atmosfera controlada promovem efeitos fisiológicos detectáveis, mas não resultam no aumento da vida de prateleira, mesmo sob baixas temperaturas (TELES, 2001).

Com base nos resultados obtidos por Carnelossi (2000) e Teles (2001), a embalagens com permeabilidade elevada mantém os teores de clorofila, carotenóides, sólidos solúveis e vitamina C por até dez dias de armazenamento a 5°C , apresentando elevada aceitabilidade sensorial.

2.8 Armazenamento e distribuição

O armazenamento da couve minimamente processada em condições adequadas de temperatura é essencial para a manutenção da qualidade do produto final. A temperatura de 5°C é a que apresenta melhor relação custo/benefício para couve, em comparação com a temperatura de 1°C , que possibilita a extensão da vida de prateleira em mais alguns dias. A temperatura a 10°C reduz em, no mínimo, cinquenta por cento a vida útil do produto, limitando o tempo de comercialização, e favorece considerável crescimento microbiano.

Durante o armazenamento constatou-se redução do teor de vitamina C total com a progressão da senescência, muito mais acentuada a 10°C , em comparação com a temperatura a 5°C (CARNELOSSI, 2000; TELES 2001). Com a couve processada, armazenada e comercializada sob baixas temperaturas, em torno de 5°C , as agroindústrias podem obter um produto de alta qualidade e estendida vida de prateleira.

A couve minimamente processada normalmente é distribuída e comercializada em pacotes de 250 gramas a 300 gramas, dispostos em balcões refrigerados com temperatura de 1°C a 5°C . O uso de camadas de gelo em escamas não é recomendado, uma vez que o gradiente de temperatura entre a parte superior e a inferior da embalagem é muito grande. Deve-se evitar expor o produto a variações de temperatura, porque causam condensação de vapor d'água na superfície interna da embalagem, o que dificulta a visualização do produto. A couve na forma minimamente processada é extremamente perecível. A sua comercialização em gôndolas abertas, cujas temperaturas atingem 10°C , aumenta as possibilidades de riscos de intoxicação alimentar, por causa do crescimento de bactérias patogênicas ao homem nessas condições (MORETTI *et al.* 2000).

3. Referências bibliográficas

AMARANTE, C. V. T. **Relação entre horário de colheita e senescência em folhas de couve (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*)**. 1991. 65 f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1991.

AMARANTE, C. V. T.; PUSCHAMNN, R. Relação entre horário de colheita e senescência em folhas de couve. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 5, n. 1, p. 25-9, 1993.

BEAULIEU, J. C.; OLIVEIRA, F. A. R.; FERNANDES, T. D.; FONSECA, S. C.; BRECHT, J. K. Fresh-cut kale: quality assessment of portuguese storage-supplied product for development of a MAP system. **International Controlled Atmosphere Research Conference, Amsterdam, Proceedings...**, v. 5, p. 145-151, 1997.

BITTENCOURT, M. T. **Atividade microbiana em couve (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) minimamente processada**. 2000. 79 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2000.

BRECHT, J. K. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. **HortScience**, Alexandria, v. 30, n. 1, p. 18-22, 1995.

CANTWELL, M. Postharvest handling systems: minimally processed fruits and vegetables. In: KADER, A. A. (Ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**, 2nd ed. Davis: Univ. California, Division of Horticultural and Natural Resources, 1992. p. 277-281.


CANTWELL, M. Preparation and quality of fresh cut produce. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2. Viçosa, 2000. **Palestras...**, Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2000. p. 156-182.

CARNELOSSI, M. A. G. **Fisiologia pós colheita de folhas de couve (*Brassica oleracea*, L. var. *acephala*) minimamente processada..** 2000. 79 f. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, outubro de 2000.

KAYS, S. J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. New York: van Nostrand Reinhold. 1991. 532 p.

MEDINA, V. M. **Crescimento e senescência foliar da couve (*Brassica oleracea*, L. var. *acephala*)**. 1991. 65 f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1991.

MORETTI, C. L.; CARNELOSSI, M. A. G.; SILVA, E. O.; PUSCHMANN, R. **Processamento mínimo de couve**. Brasília: Embrapa, 2000. 4 p. (Embrapa Hortaliças. Comunicado Técnico, 13).



SIMONS, L. K., SANGUANSRI, P. Advances in the washing of minimally processed vegetables. **Food Australia**, v. 49, n. 2, p. 75-80, 1997.

WATADA, A. E.; QI, L. Quality of fresh-cut produce. **Postharvest Biology and Technology**, v. 15, p. 201-205, 1999.

WATADA, A. E.; KO, N. P., MINOTT, D. A. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. **Postharvest Biology and Technology**, v. 9, n. 2, p. 115-26, 1996.

Capítulo 22

Processamento mínimo de feijão-vagem

*Wigberto A. Spagnol
José M. M. Sigrist
Kil J. Park*

1. Introdução

O feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.), também conhecido como vagem, é uma planta muito parecida com o feijão comum, mas cultivado e consumido como hortaliça. Possui mais proteína que qualquer outro alimento de origem vegetal. Na sua composição há cálcio, fósforo, ferro e as vitaminas A, B1, B2 e C (TESSARIOLI NETO e GROPPPO, 1992). As vagens, que são a parte da planta comercializável e consumível, são colhidas no estágio imaturo. A ausência de fibrosidade nas vagens permite a sua utilização na alimentação humana de várias formas, podendo ser industrializadas ou consumidas *in natura*, inteiras ou minimamente processadas.

2. Colheita e manuseio pós-colheita

As temperaturas mais indicadas para o cultivo de feijão-vagem, visando seu melhor desenvolvimento e qualidade, ficam entre 20°C e 25°C. Em regiões mais frias ou com inverno mais acentuado, a vagem tem o desenvolvimento mais retardado. As cultivares de verão começam a ser colhidas aos sessenta dias após a semeadura, enquanto as de inverno iniciam a produção com cem a cento e vinte dias.

Geralmente as vagens são colhidas manualmente, quando ainda se encontram imaturas. Na prática, conhece-se o ponto de colheita quando elas atingem cerca de 14 cm de comprimento, o que normalmente acontece após vinte dias da floração (Figura 1). As vagens devem estar tenras. As pontas devem partir-se ao serem vergadas com os dedos.

Figura 1. Vagem da cultivar *trepadeira*, no estágio de colheita adequado. (Foto: Wigberto A. Spagnol)



As cultivares de feijão-vagem dividem-se em dois diferentes grupos: trepadeiras e rasteiras. No grupo das trepadeiras, o formato da vagem pode ser circular (tipo Macarrão) ou elíptico (tipo Manteiga). O grupo das vagens rasteiras

é composto de cultivares de porte anão, para cultivo sem tutoramento. A vagem tipo Macarrão é a mais produzida na região Sudeste, com produtividade normal em torno de vinte e cinco a trinta toneladas por hectare (TESSARIOLI NETO e GROPPPO, 1992).

A colheita manual exige muita atenção para não causar ferimentos, que propiciam a entrada de microorganismos presentes no campo e aceleram a deterioração dos tecidos e a perda de água.

A colheita deve concentrar-se nas horas mais frescas do dia, quando as vagens estão mais frias (após o nascer do sol). As vagens colhidas devem ficar protegidas do sol (pode ser na sombra das próprias plantas) até o transporte para o armazenamento em câmaras frias.

Não havendo condições de conservar em câmaras refrigeradas, colher somente a quantidade a ser processada por vez. O produto exposto ao sol absorverá calor da energia solar, aumentando a sua temperatura. Esse aspecto é ainda mais importante para a vagem porque sua coloração é verde escura, que absorve mais calor (BOYETE *et al.*, 1994).

O ideal é que as vagens colhidas fiquem o menor tempo possível sob alta temperatura de campo e sejam logo transportadas para a área de processamento, para serem resfriadas e armazenadas temporariamente em câmaras frias. As cestas ou caixas utilizadas na colheita e no transporte devem ter a superfície lisa e estar limpas, a fim de evitar a contaminação e ferimentos na superfície das vagens.

Esses cuidados são fundamentais para a obtenção de um produto minimamente processado com qualidade, uma vez que não é possível transformar um produto recém-colhido de baixa qualidade em um produto processado de boa qualidade (KENNEDY, 2001).

3. Cuidados com a matéria-prima antes do processamento

Na colheita, a temperatura (calor de campo) das vagens é superior à recomendada para a sua armazenagem. Assim, submetê-las a resfriamento, na unidade de processamento, imediatamente após a colheita, é fundamental para reduzir a velocidade da deterioração natural e o murchamento, seu maior problema pós-colheita. Uma perda de 5% no peso é suficiente para se constatar visualmente o murchamento de 10% a 12% de um lote, condição que as tornam impróprias para a comercialização direta ou para processamento mínimo (CANTWELL e SUSLOW, 2000).

Uma maneira de reduzir a perda de água é a rápida redução da temperatura do produto. A tabela 1 mostra a porcentagem de perda de peso resultante do atraso no resfriamento das vagens após a colheita. Na tabela 2 é possível constatar como a temperatura afeta a taxa de respiração da vagem e, portanto, o quanto influencia a sua deterioração.

Tabela 1. Efeito do atraso no resfriamento de vagem após a colheita sobre a perda de peso.

Tempo de atraso (horas)	Perda de peso (%)
1	2,2
3	2,8
5	10,0

Fonte: BOYETE *et al.*, 1994.

Tabela 2. Taxas de respiração de vagens minimamente processadas, cultivar Itatiba, produzidas no Estado de São Paulo (SPAGNOL *et al.*, 2003b)

Temperatura (°C)	Taxa de respiração (mg CO ₂ .kg ⁻¹ .h ⁻¹)
1,0	8,0
5,0	16,6
11,0	7,7

A escolha do processo de resfriamento exige análise cuidadosa dos custos envolvidos, tanto de investimento inicial como de operação de um sistema frigorífico. O processo de resfriamento à água é a forma mais adotada com vagens (BOYETE *et al.*, 1994). Uma das vantagens é que o produto não sofre perda de água durante o resfriamento. Geralmente os sistemas comerciais mais comuns de resfriamento à água consistem da lavagem por aspensão ou imersão em um tanque de água gelada, com ou sem agitação.

Imergindo as vagens em um tanque com recirculação de água na temperatura de 2°C a 5°C, é possível abaixar a temperatura inicial da vagem de 29°C para 7°C em aproximadamente seis minutos (BOYETE *et al.*, 1994). A água usada neste processo deve ser potável, para que não seja um meio de contaminação do produto. Normalmente, como a água fica recirculando no sistema de resfriamento, é conveniente tratá-la com cloro, na concentração entre 50 µL.L⁻¹ e 150 µL.L⁻¹ e pH igual a 7,0. A eficiência do cloro diminui à medida que a água fica suja. Neste caso, é necessário fazer uma pré-lavagem com água corrente.

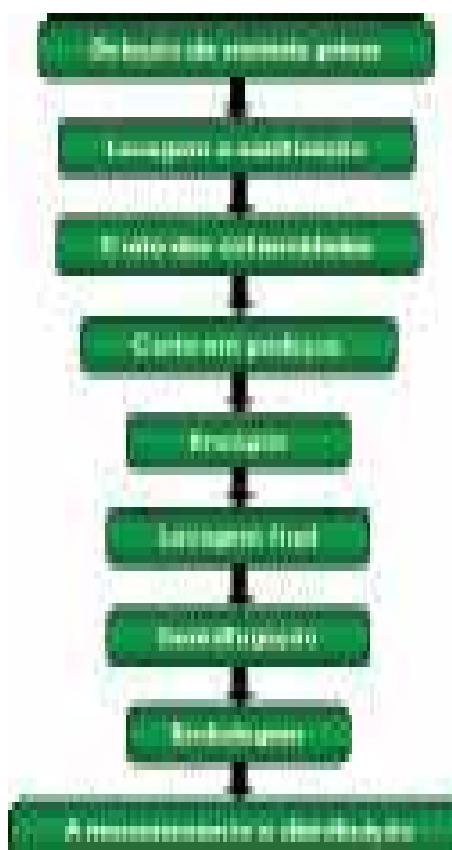
As vagens não devem permanecer em contato com a água de resfriamento por muito tempo, porque aumenta a chance de infecção e disseminação de doenças pós-colheita. As doenças pós-colheita em vagem são causadas por espécies de *Rhizopus* ou *Pythium*, *Botrytis cinérea* (bolor-cinza) e espécies de *Sclerotinia* (podridão-aquosa) (CANTWELL e SUSLOW, 2000). Comparativamente com o sistema de resfriamento a ar-forçado, a água é um meio mais eficiente do que o ar para transmitir calor; conseqüentemente, ela resfria o produto em menos tempo.

Uma vez resfriadas, é importante manter as vagens à temperatura próxima de 5°C até o processamento. A qualidade pode ser afetada se o produto for exposto a temperaturas elevadas por um curto período ou por intervalos de tempo intermitentes (HUI *et al.*, 2002).

4. Fluxograma e descrição das etapas do processamento mínimo de feijão-vagem

O processamento de feijão-vagem compreende as etapas mostradas no fluxograma a seguir (Figura 2) e descritas detalhadamente logo depois.

Figura 2. Fluxograma do processamento mínimo de feijão-vagem.



4.1. Seleção da matéria-prima

O principal critério de seleção de vagem é a aparência, cujos requerimentos são: frescor e ausência de defeitos de ataque por insetos, de podridão, de sujeira ou impurezas e de materiais impróprios para consumo.

A seleção deve ser feita em mesas limpas e sanitizadas com cloro. É importante considerar a questão da adaptabilidade da vagem aos equipamentos de processamento. Há equipamentos dotados de laminas de aço inox que geralmente giram perpendicular ao fluxo. As vagens sem curvatura resultarão com um corte de tamanho mais uniforme.

4.2 Lavagem e sanitização

Antes de serem processadas, as vagens devem ser submetidas a um processo de sanitização durante cinco minutos (Figura 3), com sanitizantes próprios para alimentos, cujas concentrações podem variar de 50 mg a 150 mg de cloro ativo/L de água limpa. O tanque de lavagem deve ser de aço inox e, de preferência, possuir sistema de agitação para manter a concentração de cloro e a temperatura (entre 3°C a 6°C) uniformes em todo o tanque. O pH da água deve ser próximo de 7,0 ou estar contido numa faixa entre 6,5 a 7,5. Acima de 8,0, o pH tem sua eficácia reduzida, e abaixo de 6,5, pode causar corrosão dos equipamentos de processamento e descoloração do produto (SIMONS e SANGUANSRI, 1997)

Figura 3. Lavagem e sanitização inicial das vagens em tanque de aço inox.
(Foto: Wigberto A. Spagnol)



4.3. Corte das extremidades

O corte das extremidades é feito manualmente, em mesas de aço inoxidável, devidamente limpas e higienizadas (Figura 4). É importante durante esta fase de manipulação do produto o uso, pelos funcionários, de protetores, máscaras, luvas e gorros, assim como a sanitização adequada dos equipamentos com cloro.

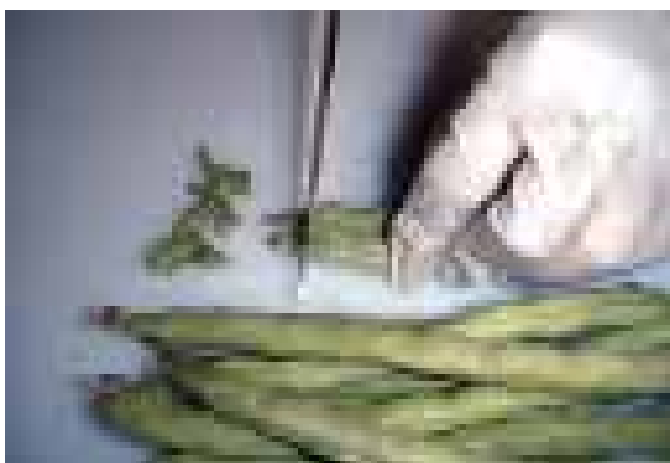


Figura 4. Corte manual das extremidades das vagens.
(Foto: Wigberto A. Spagnol)

4.4 Corte em pedaços

A vagem pode ser cortada em pedaços de 10 mm a 20 mm de comprimento, manualmente ou com processadores que tenham lâminas de aço inox (Figura 5). A operação de corte danifica os tecidos da vagem, o que pode conduzir a processos bioquímicos de destruição da textura e ao surgimento de coloração marrom na face de corte. Para reduzir esse risco, devem-se usar lâminas bem afiadas e manter a temperatura do local de processamento na faixa de 1°C a 15°C.

Figura 5. Corte das vagens por meio de uma centrífuga com lâminas de aço inox.
(Foto: Wigberto A. Spagnol)



4.5 Enxágüe

Quando as vagens são cortadas, elas devem imediatamente passar por um processo de pré-lavagem em água à baixa temperatura – em torno de 4°C a 6°C. O objetivo é eliminar o suco celular liberado pelas células após o corte, que favorece o desenvolvimento de microorganismos (Figura 6).



Figura 6. Enxágüe, por imersão em água, de vagens minimamente processadas, acondicionadas em saco de náilon.
(Foto: Wigberto A. Spagnol)

Nas linhas de processamento mínimo de hortaliças é comum a sanitização à base de cloro. Como ocorre uma reação do cloro com o suco celular, imediatamente parte do cloro é consumida. Assim, em soluções com cloro, a

presença de grande quantidade de matéria orgânica pode resultar em menor eficiência de desinfecção, uma vez que haverá menos cloro livre disponível para a eliminação de microorganismos.

4.6 Lavagem final

A última etapa do processo de sanitização ou higienização consiste de uma lavagem após o enxágüe, mantendo a concentração de cloro ativo em torno de 5 mg/L de água limpa durante três minutos. A baixa temperatura da água é importante durante todo o processo de lavagem, para minimizar o efeito do corte sobre o metabolismo do produto (Figura 7).

Figura 7. Sanitização final, por imersão em água, de vagens minimamente processadas, acondicionadas em saco de náilon.
(Foto: Wigberto A. Spagnol)



4.7 Centrifugação

O excesso de água livre na superfície das vagens decorrente da lavagem final pode resultar em uma rápida deterioração por fungos, principalmente das espécies citadas. Portanto, é fundamental a eliminação do excesso de água do produto. Esta operação é realizada por centrifugas de aço inox, ajustada sua velocidade em torno de 750 rpm (Figura 8). Quando as vagens são cortadas em pedaços pequenos, é mais adequado usar sacos de náilon, porque facilita o manuseio do produto, assim como a limpeza da centrífuga.



Figura 8. Centrífuga usada para retirar o excesso de umidade de vagens minimamente processadas.
(Foto: Wigberto A. Spagnol)

4.8 Embalagem

As vagens minimamente processadas geralmente são conservadas em embalagens seladas hermeticamente, com o objetivo de mantê-las livre de contaminações. A embalagem e a baixa temperatura são fatores importantes para manter o frescor, as características sensoriais e a higiene, assegurando a agregação de valor do processamento mínimo. Quando as vagens são embaladas, elas tendem, por meio do processo respiratório próprio, a modificar a atmosfera em que estão: a concentração de oxigênio no espaço livre da embalagem tende a decrescer e a concentração de gás carbônico se elevar (AMANATIDOU *et al.*, 2000).

A atmosfera modificada acaba atuando como complemento ao emprego da refrigeração, uma vez que os dois fatores podem influenciar diretamente o metabolismo do produto (SILVA *et al.*, 1999). Portanto, é importante usar um filme de plástico adequado para o desenvolvimento de uma atmosfera de equilíbrio no interior da embalagem que não cause danos ao produto e odores e sabores estranhos. Segundo Silva *et al.* (1999), a atmosfera adequada para vagens inteiras é de 2% a 3% de oxigênio e de 10% a 12% de gás carbônico.

Pesquisa realizada por Silva *et al.* (1999) empregou sacos de plástico de polietileno de 38,1 μm de espessura, com as dimensões de 30,5 cm x 40,2 cm, na conservação de 500 gramas de vagens, mantidas a 7°C durante quatro dias e a 19°C durante dois dias, respeitada uma taxa de permeabilidade do filme plástico para vagem de 1,8 (CO_2/O_2). A correspondente permeabilidade ao oxigênio do filme de plástico foi, respectivamente, de $1,46 \cdot 10^{-10}$ e $2,05 \cdot 10^{-10} \text{ mol.s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{Pa}^{-1}$, para as temperaturas de 7°C e 19°C, e de $2,65 \cdot 10^{-10}$ e $2,05 \cdot 10^{-10} \text{ mol.s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{Pa}^{-1}$, para o gás carbônico.

4.9 Armazenamento e distribuição

Geralmente a temperatura de armazenamento ou distribuição recomendada para hortaliças minimamente processadas está na faixa de 0°C a 8°C (AHVENAINEN, 1996). No entanto, em certos produtos como a vagem, à medida que a temperatura de armazenamento diminui, o metabolismo é alterado, causando distúrbios fisiológicos (alteração da cor da superfície).

Segundo Cantwell e Suslow (2000) e Mercado-Silva *et al.* (1998), a sensibilidade ao dano pelo frio também é dependente das condições de cultivo e da cultivar. Estudos realizados por Spagnol *et al.* (2003a) para vagem minimamente processada, com a cultivar Itatiba, produzida no Estado de São Paulo, mostraram que a temperatura de armazenamento deve ser acima de 5°C. Nas temperaturas de 1°C, 5°C e 11°C, os estudos mostraram maior rapidez da deterioração das vagens mantidas a 1°C quando transferidas para a temperatura ambiente (25°C) (Figura 9). Este fato foi comprovado pela grande elevação da taxa de respiração quando transferidas da temperatura de 1°C para 25°C. Para Kang e Lee (1997), a taxa de respiração para produtos minimamente processados pode ser considerada

uma forma segura de avaliar a ocorrência de dano pelo frio, assim como a velocidade da perda de qualidade durante o armazenamento.

Figura 9. Vagens minimamente processadas, armazenadas durante oito dias, à temperatura de 1°C, 5°C e 11°C, e durante três dias, à temperatura de 25°C. (Foto: Wigberto A. Spagnol)



Dentre vários fatores que limitam o período de comercialização de hortaliças minimamente processadas, o escurecimento enzimático é um dos mais importantes, devido ao seu impacto visual e desenvolvimento muito rápido (REYES, 1996).

Nos estudos realizados com vagem minimamente processada da cultivar Itatiba, constatou-se a ocorrência do escurecimento enzimático na face de corte. Este escurecimento se desenvolveu mais rapidamente quanto maior foi a temperatura de armazenamento: 25°C (dois dias), 11°C (seis dias), 5°C (nove dias).

Como alternativa ao uso de produtos químicos no controle do escurecimento enzimático, foi estudado o efeito de altas concentrações de oxigênio à temperatura de 5°C. Os estudos mostraram que é possível inibir a incidência do escurecimento mantendo o produto sob atmosferas com concentrações de oxigênio acima de 50%, combinada com teores de gás carbônico e balanço de nitrogênio (Figuras 10 e 11). No entanto, ainda é necessário o desenvolvimento de pesquisas com filmes de plástico que mantenham esta concentração com alto teor de oxigênio no interior da embalagem (SPAGNOL *et al.*, 2003c).

A vagem minimamente processada é mais comumente comercializada no varejo, em bandejas de poliestireno envolvidas com filme de plástico de polietileno de baixa densidade, em porções de 200 a 300 gramas, muitas vezes misturadas com outras hortaliças (Figura 12). Também é ser usado apenas o saco de plástico de polietileno de baixa densidade, selado (Figura 13).

A distribuição do produto deve ser feita em veículos refrigerados, respeitando a temperatura recomendada para armazenamento (5°C), e de maneira rápida. Da mesma forma, nos locais de venda a varejo, a exposição do produto deve ser em gôndolas refrigeradas reguladas entre 5°C e 7°C.



Figura 10. Vagem minimamente processada, armazenada a 5°C, durante catorze dias, em frasco de vidro de 2,8 L, sob fluxo de ar constante.
(Foto: Wigberto A. Spagnol)

Figura 11. Vagem minimamente processada, armazenada a 5°C, durante catorze dias, em frasco de vidro de 2,8 L, sob atmosfera de 50% O₂ + 30% CO₂ + 20% N₂.
(Foto: Wigberto A. Spagnol)



Figura 12. Vagem minimamente processada, acondicionada em bandeja de poliestireno e envolvida com filme de plástico de polietileno de baixa densidade.
(Foto: Wigberto A. Spagnol)

Figura 13. Vagem minimamente processada, acondicionada em saco de plástico de polietileno de baixa densidade.
(Foto: Wigberto A. Spagnol)



A vida média de prateleira de vagens minimamente processadas é de aproximadamente dez dias, desde que as condições de processamento, transporte e venda sejam observadas.

5. Referências bibliográficas

AHVENAINEN, R. New approaches in improving the shelf-life of minimally processed fruit and vegetables. **Trends in Food Science and Technology**, v. 7, n. 6, p. 179-187, 1996.

AMANATIDOU, A.; SLUMP, R. A.; GORRIS, L. G. M.; SMID, E. J. High oxygen and high carbon dioxide modified atmospheres for shelf-life extension of minimally processed carrots. **Food Chemistry and Toxicology**, v. 65, n. 1, p. 61-66, 2000.

BOYETE, M. D.; SHULTHEIS, J. R.; ESTES, E. A.; WURST, W. C. Postharvest cooling and handling of green beans and field peas. **North Carolina Cooperative Extension Service Bulletin**. Disponível em: <www.bae.ncsu.edu/programs/extension/publicat/postharv/ag-413-8>. Acesso em: 14 mar. 2004

CANTWELL, M.; SUSLOW, T. Snap beans, recommendations for maintaining postharvest quality. In: University of Califórnia, Department of Pomology. Disponível em: <<http://rics.ucdavis.edu/postharvest/produce/snapbeans.shtml>>. Acesso em: 14 mar. 2004.

HUI, C. P. K.; LEBLANC, D. I.; DeELL, J. R.; SOTOCINAL, S. Transporte frigorificado de frutas e hortaliças. In: CORTEZ, L. A. B.; HONÓRIO, S. L.; MORETTI, C. L. **Resfriamento de frutas e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças / Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 428 p. Cap.10, p. 192-229.

KANG, J. S.; LEE, D. S. Susceptibility of minimally processed green pepper and cucumber to chilling injury as observed by apparent respiration rate. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 32, p. 421-426, 1997.

KENNEDY, D. Raw material quality factors: how they affect final fresh-cut produce quality. In: SECOND INTERNATIONAL CONFERENCE ON FRESH-CUT PRODUCE, Gloucestershire, United Kingdom, 2001. **Conference Proceedings...** Gloucestershire: Campden & Chorleywood Food Research Association Group, 2001. Cap. 2.

MERCADO-SILVA, E.; GARCIA, R.; HEREDIA-ZEPETA, A.; CANTWELL, M. Development of chilling injury in five jicama cultivars. **Postharvest Biology and Technology**, v. 13, p. 37-43, 1998.

REYES, V. G. Improved preservation systems for minimally processed vegetables. **Food Australia**, v. 48, n. 2, p. 87-90, 1996.

SILVA, M. F.; CHAU, K. V.; BRECHT, J. K.; SARGENT, S. A. Modified atmosphere packaging for mixed loads of horticultural commodities exposed to two postharvest temperatures. **Postharvest Biology and Technology**, v. 17, p. 1-9, 1999.

SIMONS, L. K.; SANGUANSRI, P. Advances in the washing of minimally processed vegetables. **Food Australia**. v. 49, n. 2, p. 75-80, 1997.

SPAGNOL, W. A.; PARK, K. J.; SIGRIST, J. M. M. S. Efeito de baixas temperaturas sobre o metabolismo de vagem minimamente processada. In: ANNUAL MEETING OF THE INTERAMERICAN SOCIETY FOR TROPICAL HORTICULTURE, 49., Fortaleza, 2003. **Program and Abstracts...** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 67, 2003a. p. 192.

SPAGNOL, W. A.; PARK, K. J.; SIGRIST, J. M. M. S. Influência da temperatura no metabolismo de cenouras e vagens inteiras e minimamente processadas. In: ANNUAL MEETING OF THE INTERAMERICAN SOCIETY FOR TROPICAL HORTICULTURE, 49., 2003, Fortaleza, 2003. **Program and Abstracts...** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 67, 2003b. p. 191.

SPAGNOL, W. A. **Processamento mínimo de cenoura e feijão-vagem.** 2005. 179 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2005.

TESSARIOLI NETO, J.; GROPPPO, G. A. A cultura do feijão-vagem. **Boletim Técnico da Coordenadoria de Assistência Técnica Integral.** Campinas, SP: CATI, n. 212, 1992. 12 p.

Agradecimento

O primeiro autor agradece à Fapesp pelo suporte financeiro, por meio de Bolsa de Doutorado.

Capítulo 23

Processamento mínimo de melancia

*José F. Durigan
Suzy A. A. Pinto
Ricardo E. Alves*

1. Introdução

A melancia (*Citrullus lanatus* Schrad.) é uma planta da família Cucurbitaceae, originária de regiões tropicais da África Equatorial, e atualmente considerada uma das mais importantes oleráceas produzidas e comercializadas no Brasil. As características comerciais dos frutos de melancia são um dos aspectos mais importantes do sucesso econômico do seu cultivo, pois o mercado é bastante exigente. Os frutos de formato arredondado e polpa vermelha são os mais aceitos.

As principais características para definir a qualidade da melancia são: conteúdo de sólidos solúveis e seus açúcares, firmeza da polpa, aparência externa e interna e acidez titulável.

Um dos grandes desafios da conservação pós-colheita *in natura* desta hortaliça é o transporte para os mercados consumidores, pois são grandes e pesados e, na maioria das vezes, transportados a granel para longas distâncias.

A melancia minimamente processada é uma excelente alternativa para o crescimento da industrialização deste produto hortícola, por ser extremamente conveniente e, principalmente, por estar entre os mais bem aceitos e preferidos pelos consumidores.

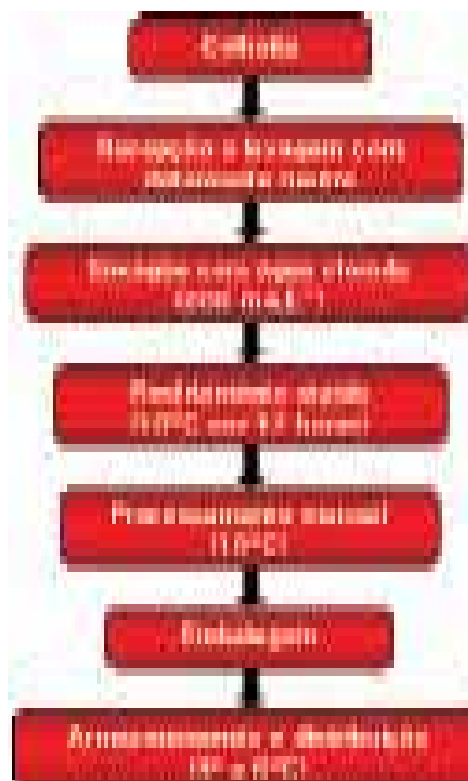
As maiores limitações para o prolongamento da vida útil dos produtos de melancia minimamente processados são: o estresse causado pelo corte, o surgimento de odores desagradáveis, as modificações na textura e na aparência, as contaminações e as degradações causadas por microorganismos que aparecem após a retirada da proteção da casca e o escoamento de suco dentro da embalagem. No entanto, tem-se conseguido manter a qualidade ótima dos produtos por cinco dias, quando armazenados a 3°C ou a 6°C sob atmosfera modificada (PINTO, 2002). Quando armazenados sob atmosfera controlada (5% O₂ e 10% CO₂) a 3°C, a qualidade é mantida regular por mais de quinze dias (CARTAXO *et al.*, 1997).

Para a segurança e a manutenção da qualidade desses produtos, tanto o ambiente de processamento como os operadores, utensílios, equipamentos, embalagens e matéria-prima devem ser sanitizados antes das operações. Os operadores devem estar munidos de máscaras, luvas, toucas e aventais, de preferência todos descartáveis; devem manter as unhas curtas e limpas, barba ou bigode bem aparados e limpos e trabalhar despojados de qualquer acessório, como brincos, anéis, pulseiras, colares etc. Todo o ambiente deve ser de material lavável e deve dispor de sistemas de segurança para explosão de lâmpadas e para incêndios.

2. Fluxograma e descrição das etapas do processamento mínimo de melancia

Na figura 1 a seguir é apresentado o fluxograma do processamento mínimo de melancia, sendo cada etapa descrita detalhadamente logo depois.

Figura 1. Fluxograma do processamento mínimo da melancia.



2.1 Colheita

Os frutos devem ser colhidos com qualidade ideal para a comercialização, isto é, no mesmo ponto em que seriam colhidos para o mercado *in natura*, e devem ser transportados rapidamente e com cuidado, alcançando as unidades processadoras em menos de doze horas. Quanto maior o tempo entre a colheita e o processamento, menor a vida útil do produto processado. Os frutos devem estar sem lesões mecânicas, fisiológicas ou microbiológicas, que prejudicam a qualidade e a produtividade do produto minimamente processado. (Figuras 2 e 3)



Figuras 2 e 3. Fruto com estresse mecânico aparente na casca (E) e efeito desse estresse na polpa do fruto (D), demonstrando que o manuseio inadequado pode inutilizar frutos para o processamento mínimo. (Fotos: José F. Durigan)

2.2 Recepção e lavagem com detergente neutro

Após a eliminação de todos os frutos inadequados, os frutos selecionados devem receber uma lavagem completa e cuidadosa com detergente neutro, para eliminar contaminantes físicos ou químicos contidos na casca.

2.3 Enxágüe com água clorada

Após a lavagem os frutos devem ser enxaguados com água clorada (200 mg. L⁻¹), para eliminar possíveis contaminantes microbiológicos.

2.4 Resfriamento rápido

Para que os frutos tenham a temperatura de campo reduzida a 10°C no seu interior, que é a temperatura ideal para o processamento, eles devem permanecer em câmara fria por doze horas.

2.5 Processamento manual

O processamento deve ser feito manualmente, na temperatura de 10°C, para minimizar as alterações fisiológicas que ocorrem durante essa etapa.

O corte dos frutos deve ser feito manualmente, com facas muito afiadas, para evitar qualquer efeito de amassamento. Na Figura 4 é sugerido um esquema de corte que proporciona melhor aproveitamento do fruto. Primeiramente eliminam-se as extremidades. Depois os frutos são divididos em quatro partes, longitudinalmente. Os pedaços obtidos são então descascados, aplicando-se cortes em sua lateral, também longitudinalmente. O pedaço de polpa terá secção triangular e comprimento de acordo com o tamanho do fruto e deverá ser cortado em fatias longitudinais com espessura de 2,5 cm, as quais serão divididas de acordo com o desejado.

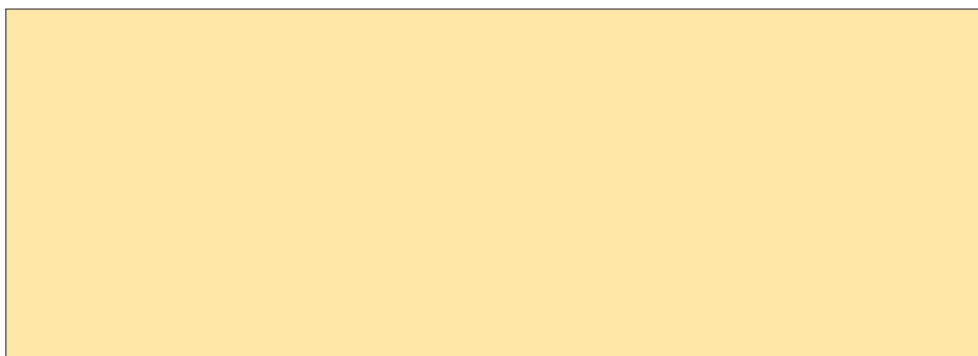


Figura 4. Esquema sugerido para o corte e aproveitamento da polpa de melancias.

Os pedaços poderão ter o formato que melhor atenda ao consumidor, como bolinhas, cilindros, barras, cubos ou fatias. Cubos com 2,5 cm são bastante

convenientes, assim como fatias com 2,5 cm de espessura. A produtividade em produto minimamente processado varia de 29,0% a 40,0%, de acordo com a cultivar, tamanho do fruto, ocorrência de lesões e outros fatores, produzindo de 4,7% a 16,1% de polpa para suco e de 52,5% a 60,5% de casca.

Não há equipamentos para processamento mínimo da melancia disponíveis no mercado e há grande necessidade de criação e produção de equipamentos apropriados. Por ter toda a sua proteção dada pela casca e por ter a polpa muito sensível, a melancia não pode ser processada pelos equipamentos usados com melão, tomate, maçã ou por qualquer outro encontrado no mercado.

2.6 Embalagem

As embalagens dos produtos devem ser, preferencialmente, transparentes, rígidas e recicláveis, como as produzidas com materiais poliméricos, tendo-se como exemplo o polietileno de alta densidade e o tereftalato de polietileno (PET) (Figuras 5 e 6). As embalagens devem ser adequadamente protegidas com tampas, empilháveis e acondicionáveis em caixas.



Figuras 5 e 6. Vista superior (E) e lateral (D) de embalagens de tereftalato de polietileno (PET) contendo produtos minimamente processados de melancia. (Fotos: José F. Durigan)

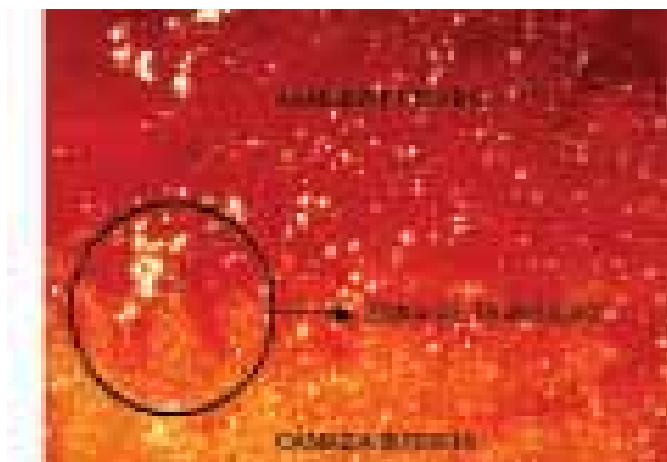
2.7 Armazenamento e distribuição

Os produtos devem ser armazenados em ambiente refrigerado (3°C a 6°C), limpo e específico para esse tipo de produto, com umidade relativa mantida entre 80% e 85%.

Produtos minimamente processados da melancia produzidos por Pinto (2002), com formato de cubos (2,5 cm), embalados em copos ou bandejas com tampa de PET e armazenados a 3°C, 6°C e 9°C, por até doze dias, perderam 1,2% de massa fresca no período, enquanto a aparência foi sendo perdida gradualmente, mas se manteve boa por até cinco a sete dias e aceitável pelos doze dias. A

deterioração da aparência foi mais rápida sob temperaturas mais altas. A coloração não se modificou, mas a textura degradou-se da parte externa para a interna dos pedaços, com a transformação da textura inicial, semelhante a um conjunto de “bolsas”, para algo disforme e sem estrutura (Figura 7).

Figura 7. Degradação da textura em pedaços de melancia. (Foto: José F. Durigan)



Esse efeito deve ter sido causado por enzimas pectinolíticas colocadas em contato com seus substratos por ocasião do corte. A mudança na estrutura não prejudicou a qualidade sensorial dos pedaços. Não se detectou a presença de coliformes, assim como a contagem de mesofílicos esteve abaixo de 10^3 UFC. g^{-1} , mostrando a eficiência dos cuidados recomendados.

Os pedaços, mesmo sob refrigeração, apresentaram aceleração no metabolismo nas primeiras horas após a sua produção, aumentado de 3,0-4,1 $mLCO_2 \cdot kg^{-1} \cdot L^{-1}$, no fruto intacto, para 43,4 $mLCO_2 \cdot kg^{-1} \cdot L^{-1}$ e 57,6 $mLCO_2 \cdot kg^{-1} \cdot L^{-1}$, nos cubos e nas fatias armazenadas a $3^\circ C$, e para 68,9 $mLCO_2 \cdot kg^{-1} \cdot L^{-1}$ e 110,7 $mLCO_2 \cdot kg^{-1} \cdot L^{-1}$, nos cubos e nas fatias armazenadas a $6^\circ C$, respectivamente. O metabolismo só voltou aos níveis iniciais após três horas (Figura 8).

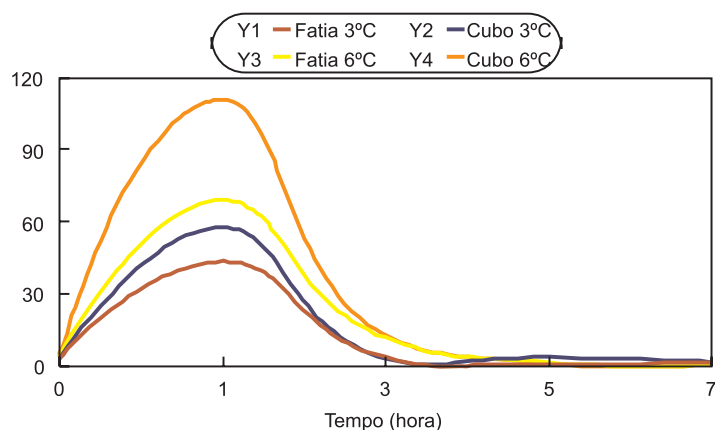


Figura 8. Evolução da taxa respiratória em melancias ‘Crimson Sweet’ minimamente processadas e armazenadas a $3^\circ C$ e a $6^\circ C$.

A composição dos pedaços foi muito pouco alterada durante o período de armazenamento quanto aos teores de sólidos solúveis totais (8,8-10,2^o brix), à acidez titulável (0,10-0,13 g.ac.cítrico.100g⁻¹), aos carboidratos solúveis (7,0%) e redutores (2,28%) e ao ácido ascórbico (6,0-7,0 mg.100g⁻¹).

3. Literatura consultada

BROWN, Jr. A. C.; SUMMERS, W. L. Carbohydrate accumulation and color development in watermelon. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, Alexandria, v. 110, n. 5, p. 683-687, 1985.

BRUHN, C. Consumer perception of fresh-cut produce. **Perishables Handling Newsletter Issue**, Yakima, n. 81, p. 18, 1995.

CARTAXO, C. B. C.; SARGENT, S. A.; HUBER, D. J. Controlled atmosphere storage suppresses microbial growth on fresh-cut watermelon. **Proceedings of Florida State Horticultural Society**, Tampa, v. 110, p. 252-257, 1997.

ELMOSTROM, G. W.; DAVIS, P. L. Sugar in developing and mature fruits of several watermelon cultivars. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, Alexandria, v. 106, n. 3, p. 330-333, 1981.

MOTOIKE, S. Y.; SALOMÃO, L. C. C.; SIQUEIRA, D. L. de. **Cultura da melanciaira**. Viçosa: UFV, Pró-Reitoria de Extensão e Cultura, 1998. 25 p. (Boletim de Extensão, 40).

PINTO, S. A. A. **Processamento mínimo de melão tipo 'Orange Flesh' e de melancia 'Crimson Sweet'**. 2002. 120 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). – UNESP-FCAV, Jaboticabal, SP, 2002.

SARGENT, S. A. Fresh-cut watermelon. Maintaining quality from processor to supermarket. **Citrus and Vegetable Magazine**. Tampa, v. 63, n. 6, p. 24-25, 1997

RISSE, L. A.; HATTON, T. T. Sensitivity of watermelon to ethylene during storage. **HortScience**, Alexandria, v. 21, n. 6, p. 1407-1409, 1986.

WATSON, W. Convenience: the name of the game. **The Packer**. CIII-Promotion, march, 1996, n. 10, p. 4B.

Capítulo 24

Processamento mínimo de melão

*Maria C. de Arruda
Francisca L. C. Machado
Angelo P. Jacomino
Ebenézer de O. Silva
Ricardo E. Alves*

1. Introdução

O melão (*Cucumis melo* L.) é uma hortaliça da família das Cucurbitáceas. Seu provável centro de origem é a África Tropical (SEYMOUR e McGLASSON, 1993). O fruto é classificado como uma baga, com forma, tamanho e coloração variáveis, contendo de duzentas a seiscentas sementes na cavidade central (PEDROSA, 1997), e a parte comestível é derivada do pericarpo (PRATT, 1971).

As diferentes cultivares de melão têm comportamento de maturação variado, diferindo em características como cor externa, cor da polpa, firmeza, conteúdo de sólidos solúveis, sabor, aroma e mecanismos de produção de etileno (GONÇALVES *et al.*, 1996).

Os melões produzidos comercialmente pertencem a dois grupos: *Cucumis melo inodorus* Naud. e *Cucumis melo cantaloupensis* Naud., que correspondem, respectivamente, aos melões inodoros e aos melões aromáticos. Os melões inodoros têm casca lisa ou levemente enrugada, coloração amarela, branca ou verde-escura. São resistentes às condições de transporte e têm longa vida útil. A polpa, de coloração variando entre branca a verde-claro, contém elevado teor de açúcares.

Os melões aromáticos são mais doces do que os inodoros e têm baixa conservação pós-colheita. A superfície dos frutos é rendilhada, reticulada, verrugosa ou escamosa, podendo apresentar gomos, e têm polpa de coloração alaranjada ou salmão ou, às vezes, verde (ALVES, 2000).

O melão é um fruto promissor para obtenção de produtos minimamente processados, por ser bastante apreciado pelos consumidores. No entanto, o tamanho do fruto e a inconveniência ao descascá-lo impedem seu consumo em determinados momentos e locais.

O principal desafio na obtenção de melão minimamente processado é a dificuldade para uniformizar a matéria-prima, em razão de problemas relacionados a ponto de colheita e a transporte. Já no processamento, os principais problemas são mudanças de coloração e amolecimento da polpa, que afetam a qualidade durante o armazenamento. No entanto, esses problemas podem ser minimizados com a adoção de técnicas adequadas.

2. Colheita e manuseio pós-colheita

A definição do ponto de maturação adequado para a colheita do melão é de fundamental importância. A colheita do fruto antes do ponto de maturação ideal compromete a qualidade, principalmente no que diz respeito ao teor de açúcar. Os frutos devem ser colhidos aproximadamente 65 dias após o plantio. Os principais indicadores do ponto de colheita são: teor de sólidos solúveis, início da zona de abscisão do pedúnculo (para melões Cantaloupe), firmeza da polpa, coloração e aspecto da casca (ALVES, 2000).

Os requisitos mínimos de qualidade estabelecem que o teor de sólidos solúveis deve ser maior ou igual a 9º Brix e a firmeza da polpa entre 22N e 40N, dependendo do tipo de melão (Tabela 1). Esses requisitos são para exportação. No entanto, devem ser adotados para frutos destinados ao processamento, para assegurar qualidade interna e externa do produto.

Tabela 1. Firmeza média da polpa (N) por ocasião da colheita, para algumas cultivares de melão destinadas ao mercado externo.

Melão	Cultivar	Firmeza da polpa (N)
Amarelo	AF 646	24
	Gold Mine	40
	XPH 13096	35
	TSX 32046	32
	SUNEX 7057	24
Gália	Solar King	30
	Primal	22
	Viçar	22
	Total	22
Pele de Sapo	Imara	32
Orange Flesh	-	30
Cantaloupe	Hy Mark	30

Para determinação da firmeza, o fruto deve ser cortado em quatro partes (fatias) de mesmo tamanho. A leitura da firmeza deve ser feita na posição mediana da face lateral de pelo menos duas fatias, com ponteira de 8 mm de diâmetro.

Em relação à cor e ao aspecto da casca, o melão amarelo, pertencente ao grupo Inodorus, pode ser colhido verde-amarelado, amarelo-pálido ou amarelo-ouro. A casca rendilhada dos melões do grupo Cantaloupensis dificulta a análise dos indicadores de colheita (cor e aspecto da casca). Porém uma característica interessante dos melões deste grupo é a formação de uma zona de abscisão ao redor do pedúnculo, indicando a maturidade. Nas cultivares tipo Galia, desse grupo, o indicador de maturidade (cor e aspecto da casca) é facilmente identificável, pois a casca torna-se amarelada e o rendilhado fica homogêneo (ALVES, 2000).

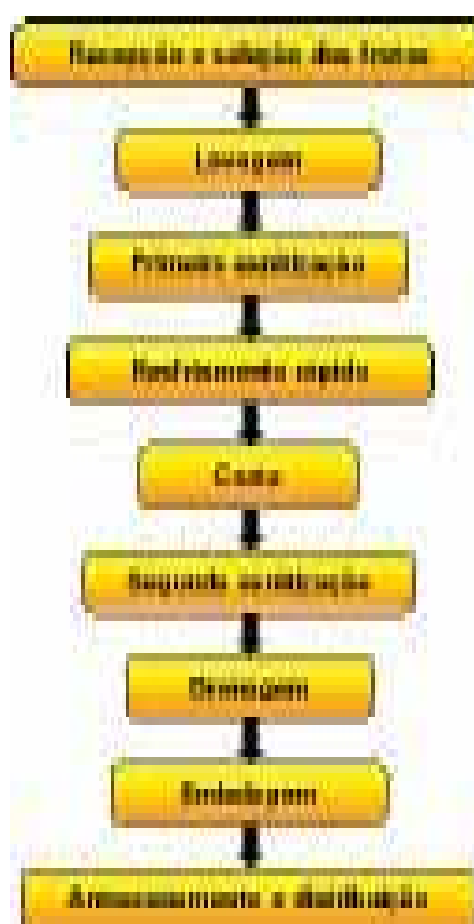
A colheita, o transporte e a recepção dos frutos devem ser cuidadosos, procurando sempre minimizar as injúrias e as contaminações do produto. A colheita deve ser realizada pela manhã, por operadores treinados, com facas ou tesoura de poda. Independentemente do tipo de melão, na colheita deve-se manter o pedúnculo com um a três centímetros de comprimento. Devem-se evitar golpes, arranhões, machucaduras e exposição ao sol.

O transporte para o local do processamento deve ser feito preferivelmente em veículo refrigerado. Os frutos devem ser acomodados em caixas de papelão ou em caixas de plástico revestidas por sacos “bolha”. Dependendo do percurso, o técnico deve orientar o motorista do carro para transportar os frutos com bastante cuidado, evitando velocidade alta e estradas ruins.

3. Fluxograma e descrição das etapas do processamento mínimo de melão

A seguir é apresentado o fluxograma básico para a produção de melão minimamente processado (Figura 1). Cada etapa do processamento é descrita logo em seguida.

Figura 1. Fluxograma do processamento mínimo de melão.



3.1 Recepção e seleção dos frutos

Em vista do estresse ocasionado pela colheita, o intervalo entre esta e o resfriamento do fruto deve ser minimizado o quanto possível. A cadeia de frio (10°C) deve ser contínua e deve iniciar-se logo na recepção, passando pela seleção, lavagem, higienização, processamento, embalagem e armazenamento (5°C).

O ambiente de recepção e processamento dos frutos deve ter paredes, tetos e pisos lavados com sabão neutro e sanitizados com solução clorada a 200 mg L⁻¹ de cloro ativo, antes da chegada dos frutos. O ambiente de recepção deve ser separado do ambiente de processamento por porta de rolamento, para que não seja contaminado pelos frutos chegados do campo. Recomendam-se pedilúvios contendo solução clorada (200mg L⁻¹ de cloro ativo) na entrada do local de recepção e entre este e o local de processamento.

Uma vez recebidos, os frutos devem ser novamente selecionados, e aqueles fora do padrão de qualidade ou com qualquer tipo de injúria devem ser descartados.

3.2 Lavagem

Após a seleção os frutos devem ser lavados com água corrente, usando-se esponja e detergente neutro próprio para alimentos, a fim de remover impurezas e microorganismos aderidos à superfície do fruto. Nesta etapa o pedúnculo deve ser retirado, cortando-se com faca.

3.3 Primeira sanitização

Os frutos devem ser imersos em solução clorada a 10°C (100-200mg.L⁻¹ de cloro ativo), com pH aproximadamente 7, por cinco a dez minutos, para reduzir a carga microbiana. A água na temperatura de 10°C reduz o metabolismo do fruto e melhora a ação antimicrobiana do sanitizante. Esta etapa é muito importante para minimizar problemas de contaminação durante o corte. Ayhan e Chism (1998) reportam que a lavagem de melões Cantaloupes e Honeydew somente em água não é suficiente para reduzir a flora microbiana. Há necessidade de imersão dos frutos em água contendo no mínimo 93 ppm de cloro livre.

Em geral, hipoclorito de sódio e dióxido de cloro são os sanitizantes mais adotados, embora possam ser usados também ácido peracético, peróxido de hidrogênio e ozônio, entre outros. O hipoclorito de sódio reage com a água formando o ácido hipocloroso, que é o composto que possui ação antimicrobiana. Embora os compostos clorados sejam bastante eficientes, apresentam o inconveniente de reagir com a matéria orgânica, o que diminui a sua ação biocida. Além disso, oxidam metais ferrosos, causando corrosão em equipamentos e utensílios em geral.

A lavagem de melões inteiros em solução de 5% H₂O₂ a 50°C com posterior enxágüe em água é um método promissor para manter a qualidade microbiológica e aumentar a vida de prateleira de melão Cantaloupe minimamente processado (SAPERS *et al.*, 2001).

3.4 Resfriamento rápido

Os frutos devem ser resfriados até que a temperatura da polpa atinja 10°C, que é a temperatura de processamento. O resfriamento é de fundamental

importância para reduzir o metabolismo do fruto e pode ser realizado antes ou após as operações de lavagem e sanitização.

3.5 Corte

O corte pode ser realizado de diversas maneiras. Segundo Machado (2003), o processamento do fruto visando obtenção de cubos deve seguir as seguintes etapas: retirada das extremidades em forma de disco de dois a três centímetros, dependendo do tamanho do fruto; corte transversal dividindo o fruto em partes equivalentes, segundo o tamanho; retirada das sementes com a ajuda de uma espátula devidamente afiada e de ponta arredondada (em forma de cunha); retirada da casca de maneira uniforme, evitando tanto o corte superficial quanto muito profundo, para evitar resquícios de casca e possibilitar obtenção de cubos uniformes; e obtenção de cubos uniformizados de dois a três centímetros por meio de cortes, primeiro em seguimentos transversais, seguido de um ou dois cortes longitudinais, dependendo do tamanho do fruto.

De acordo com Arruda (2002), os frutos devem ser cortados longitudinalmente, em duas partes iguais, e as sementes, retiradas com uma colher. Em seguida, cada metade do fruto deve ser dividida em quatro fatias longitudinais e a casca deve ser retirada cuidadosamente. As fatias podem ser reduzidas em cubos de aproximadamente três centímetros de aresta. O tipo de corte (fatia ou cubo) não influencia a qualidade do melão rendilhado minimamente processado.

Do procedimento de corte até o acondicionamento dos melões em bandejas, deve-se atentar para a higiene pessoal, dos utensílios e do ambiente. Esta operação deve ser realizada em ambiente refrigerado ao redor de 10°C, com paredes e pisos sanitizados. Os utensílios (colher, faca, bandejas, tábua, escorredor) devem ser devidamente higienizados. Os processadores devem usar luvas, touca, máscara e botas, devem ter unhas curtas e limpas, barba ou bigode aparados e limpos e não usar acessórios como brincos, anéis, pulseiras, colares etc.

A operação de corte exige facas de inox afiadas, a fim de minimizar a intensidade da injúria. O aumento do metabolismo do melão após o corte é evidenciado pela taxa respiratória. Melões tipo rendilhado intactos, armazenados a 3°C, apresentam taxa respiratória de aproximadamente 6 mL CO₂. Kg⁻¹. h⁻¹. Uma vez cortados, a taxa respiratória assume valores de aproximadamente 18 mL CO₂. Kg⁻¹. h⁻¹ e somente após vinte e quatro horas do processamento a taxa respiratória é reduzida aos níveis verificados inicialmente (ARRUDA, 2002).

Durigan e Sargent (1999) observaram que a respiração do melão tipo Cantaloupe minimamente processado foi mais elevada no primeiro dia após o corte, decrescendo gradativamente durante o armazenamento. Os valores encontrados situaram-se entre 5,6 mL e 6,6 mL CO₂.Kg⁻¹.h⁻¹ no primeiro dia e ao redor de 2,55 mL CO₂.Kg⁻¹.h⁻¹ no nono dia.

O controle da temperatura durante o corte e o armazenamento é crucial para a vida útil do produto minimamente processado, visto que ela tem efeito direto na taxa respiratória (KADER, 1992). A atividade respiratória de melão 'Orange Flesh' minimamente processado, armazenado a 3°C e 6°C, aumenta na primeira hora após o corte e reduz e se estabiliza nos níveis iniciais após sete horas (PINTO, 2002).

3.6 Segunda sanitização

Obtidos os cubos, procede-se à imersão destes em soluções contendo cloro ativo 20mg L⁻¹ por trinta segundos (MACHADO, 2003) ou 100mg L⁻¹ por três segundos (ARRUDA, 2002). Esta operação tem como objetivo eliminar possíveis contaminantes microbiológicos e retirar o suco celular, que pode servir de nutrientes para possíveis microorganismos remanescentes. Cuidado especial deve ser tomado no preparo da solução clorada e no tempo de imersão, uma vez que quantidades e tempos acima do recomendado podem deixar cheiro característico, facilmente perceptível, pois o melão apresenta alta capacidade de absorção de água.

Análises da microbiota bacteriana total realizadas em melões tipo rendilhado recém-colhidos apresentaram valores superiores aos obtidos em melões minimamente processados armazenados por três dias a 3°C. Este fato comprova a eficácia da operação de sanitização, mesmo durante poucos segundos (ARRUDA, 2002).

Se for usado o hipoclorito de sódio, pode-se enxaguar os cubos e/ou fatias antes da sanitização, a fim de minimizar a complexação do cloro com a matéria orgânica.

Os frutos também podem ser tratados com produtos à base de cálcio, visando à manutenção da firmeza. Esta operação pode ser feita imediatamente após a sanitização, com produto que contenha cálcio, como o cloreto de cálcio.

Experimentos mostraram que a imersão de melão Cantaloupe híbrido 'Hy-Mark' minimamente processado em soluções contendo até um por cento de cloreto de cálcio resultou em ótima aparência até o nono dia de armazenamento e manteve a firmeza por todo o período experimental (MACHADO, 2003). A aplicação do 1-metilciclopropeno (1-MCP) também retarda o amolecimento no melão minimamente processado. O mesmo estudo mostrou que cubos provenientes de frutos não tratados apresentaram redução na firmeza de 33,27%, enquanto cubos provenientes de frutos tratados com 100 ppb, 300 ppb ou 900 ppb apresentaram reduções de apenas 16,73%; 9,44% e 11,88%, respectivamente, ao final de dezoito dias.

Alguns autores relacionam a manutenção da firmeza obtida com o cloreto de cálcio à formação de um complexo de íons cálcio com a parede celular e pectina da lamela média. Outros relacionam o efeito à estabilização da membrana celular pelos íons cálcio, enquanto outros associam o efeito do cálcio na pressão de turgor celular. Apesar dos efeitos benéficos do cloreto de cálcio na textura

dos frutos, seu uso causa amargor, com conseqüente mudança no sabor. Analisando esse problema, Guzmán e Barret (2000) compararam o efeito do cloreto de cálcio com o lactato de cálcio na manutenção da qualidade de melões Cantaloupes minimamente processados e concluíram que o lactato de cálcio é uma alternativa potencial na extensão da vida de prateleira dos melões.

3.7 Drenagem

Há necessidade de drenagem do excesso de água, para evitar a proliferação de microorganismos. Além disso, o excesso de água na embalagem prejudica a aparência do produto. Em hortaliças é comum o uso de centrífugas para essa operação. Porém, com melão, a centrifugação não é possível, pois danifica a polpa. Nesse caso, faz-se a drenagem em escorredores domésticos.

3.8 Embalagem

Os melões minimamente processados podem ser acondicionados em embalagens flexíveis (sacos de plástico) ou rígidas (bandejas retangulares ou cilíndricas). Outra opção é a embalagem rígida ou de poliestireno expandido, colocada dentro de sacos de plástico ou envolta em filme esticável. Os materiais flexíveis mais adotados são: polietileno, polipropileno, poliolefínico e cloreto de polivinila (PVC). Dentre as embalagens rígidas, destacam-se a de poliestireno (PS) e a de tereftalato de polietileno (PET).

O uso de sacos de plástico é pouco conveniente para melão, pois os pedaços ficam desprotegidos e sujeitos ao esmagamento, enquanto as embalagens rígidas conferem melhor aparência e melhor proteção ao produto. Essas embalagens, com boa vedação, ou a boa soldagem dos filmes flexíveis que as envolvem promovem modificação passiva da atmosfera, pois com a respiração do produto há redução nos níveis de O_2 e aumento nos níveis de CO_2 dentro da embalagem. A modificação da atmosfera também pode ser realizada de forma ativa, injetando-se no espaço livre da embalagem uma mistura gasosa pré-determinada.

Kader (1992) cita como principais vantagens da atmosfera modificada a redução da taxa respiratória, da produção de etileno, dos processos fisiológicos e bioquímicos, bem como a redução de microorganismos.

O melão rendilhado pode ser acondicionado em bandeja de PET com tampa do mesmo material ou sem tampa envolta em filme esticável ou flexível, de forma a promover modificação passiva da atmosfera. No entanto, em razão da baixa taxa respiratória do melão (aproximadamente $6 \text{ ml } CO_2 \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$), não ocorre modificação efetiva da atmosfera. O melão tipo rendilhado embalado nessas condições a 3°C tem uma vida útil de apenas seis dias.

Recomenda-se filme de polipropileno $52 \mu\text{m}$ e uma injeção da mistura gasosa ($20\% \text{ } CO_2 + 5\% \text{ } O_2$), mantendo uma relação entre área efetiva de permeação da embalagem e massa de melão entre $3,60 \%$ e $3,70 \text{ cm}^2/\text{g}$. A qualidade microbiológica

e sensorial do melão rendilhado nessas condições é mantida por doze dias, quando armazenado a 3°C (ARRUDA *et al.*, 2003a; ARRUDA *et al.*, 2004).

Durigan e Sargent (1999) afirmam que o melão tipo Cantaloupe pode ser armazenado por sete dias a 5°C quando acondicionados em copos de plástico (1.000 ml) com tampa selada por Parafilm ou em sacos de plástico (1.220 ml) do tipo Ziploc, de modo que os pedaços de melões ocupem 2/3 do copo e 4/5 do saco de plástico.

Pinto (2002) afirma que o acondicionamento de 200 gramas de cubos de melão 'Orange Flesh' em copo de tereftalato de polietileno (PET), armazenado a 3°C ou 6°C, mantém ótima conservação por até sete dias.

3.9 Armazenamento e distribuição

O armazenamento temporário deve ser realizado em câmara fria, enquanto a distribuição deve ser realizada em veículos refrigerados. A temperatura ideal para a manutenção do melão rendilhado minimamente processado é de 3°C, que reduz a atividade metabólica e, conseqüentemente, o amolecimento da polpa do fruto, garantindo maior qualidade (ARRUDA *et al.*, 2003b).

Melões tipo rendilhado minimamente processados e armazenados a 9°C apresentam aumento significativo da taxa respiratória a partir do quarto dia de armazenamento, provavelmente por causa da proliferação microbiana (JACOMINO *et al.*, 2002).

Lamikanra *et al.* (2000) estudaram as mudanças que ocorrem em melão Cantaloupe minimamente processado e armazenado a 20°C e a 4°C e concluíram que a temperatura de 20°C reduz significativamente os teores de ácido málico e aumenta drasticamente os teores de ácido láctico, cuja produção provavelmente está associada à proliferação de bactérias ácido láctico.

O melão minimamente processado geralmente é comercializado em embalagens de plástico transparente de 250 gramas a 400 gramas e em balcões refrigerados com temperatura de até 5°C.

O uso de camas de gelo em escamas não é recomendado, porque o gradiente de temperatura entre a parte superior e inferior da embalagem é muito grande.

Deve-se evitar expor o produto a variações de temperatura, pois estas causam condensação de vapor d'água, dificultam a visualização do produto e propiciam o crescimento microbiano, que pode causar riscos de intoxicação.

4. Referências bibliográficas e outras obras consultadas

ALVES, R. E. (Org.). **Melão: pós-colheita**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. 43 p. (Frutas do Brasil, 10).

ARRUDA, M. C. **Processamento mínimo de melão rendilhado: tipo de corte, temperatura de armazenamento e atmosfera modificada**. 2002. 71 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2002.

ARRUDA, M. C.; JACOMINO, A. P.; KLUGE, R. A.; AZZOLINI, M. Temperatura de armazenamento e tipo de corte para melão minimamente processado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 1, p. 74-76, 2003a.

ARRUDA, M. C.; JACOMINO, A. P.; SARANTOPOULOS, C. I. G. L. Qualidade de melão minimamente processado armazenado em atmosfera modificada passiva. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 4, p. 655-659, 2003b.

ARRUDA, M. C.; JACOMINO, A. P.; SPOTO, M. H. F. Conservação de melão rendilhado minimamente processado sob atmosfera modificada ativa. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 1, p. 53-58, 2004.

AYHAN, Z.; CHISM, G. W. The shelf-life of minimally processed fresh cut melons. **Journal of Food Quality**, v. 21, n. 1, p. 29-40, 1998.

DURIGAN, J. F.; SARGENT, S. A. Uso do melão Cantaloupe na produção de produtos minimamente processados. **Alimentos e Nutrição**, v. 10, p. 69-77, 1999.

GONÇALVES, F. C.; MENEZES, J. B.; ALVES, R. E. Vida útil pós-colheita de melão *piel de sapo* armazenado em condições ambiente. **Horticultura Brasileira**. v. 14, n. 1. p. 49-52, 1996.

GUSMÁN, I. L.; BARRETT, D. M. Comparison of calcium chloride and calcium lactate effectiveness in maintaining shelf stability and quality of fresh-cut cantaloupes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 19, n. 1, p. 61-72, 2000.

JACOMINO, A. P.; ARRUDA, M. C.; CARON, V. C.; KLUGE, R. A. Taxa respiratória de melão rendilhado inteiro e minimamente processado armazenado em três temperaturas (compact disc). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 42., Uberlândia, 2002. **Anais...** Uberlândia: SOB, 2002.

KADER, A. A. **Postharvest technology of horticultural crops**. Oakland: University of California, 1992. 192 p.

LAMIKANRA, O.; CHEN, J. C.; BANKS, D.; HUNTER, P. A. Biochemical and microbial changes during the storage of minimally processed cantaloupe. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, p. 5955-5961, 2000.

MACHADO, F. L. C. **Conservação de melão Cantaloupe ‘Hy-Mark’ tratado com 1-MCP, minimamente processado e submetido a aplicação de cálcio**. 2003. 110 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura de Mossoró, Mossoró, RN, 2003.

PEDROSA, J. F. **Cultura do melão**. Mossoró, RN: Escola Superior de Agricultura de Mossoró, 1997. 50 p. (Apostila).

PINTO, S. A. A. **Processamento mínimo de melão tipo orange flesh e de melancia 'crimson sweet'**. 2002. 119 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, 2002

PRATT, H. K. Melons. In: HULME, A. C. **The biochemistry of fruits and their products**. London: Academic Press, 1971. v. 2, p. 207-232.

SAPERS, G. M.; MILLER, R. L.; PILIZOTA, V.; MATTRAZZO, A. M. Antimicrobial treatments for minimally processed cantaloupe melon. **Journal of Food Science**, v. 66, n. 2, p. 345-349, 2001.

SEYMOUR, G. B.; McGLASSON, W. B. Melons. In: SEYMOUR, G. B.; TAYLOR. J. E., TUCKER, G.A. (Ed.). **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman Hall, 1993. cap. 9, p. 273-290.

Capítulo 25

Processamento mínimo de repolho

Ebenézer de O. Silva
Marcelo A. G. Carnelossi
Rolf Puschmann
Nilda de F. F. Soares
Maria C. D. Vanetti
Valéria P.R. Minin
Rodrigo da S. Campos

1. Introdução

Nos últimos anos, mudanças no estilo de vida levaram as pessoas a dispor de menos tempo para o preparo de suas refeições e a aumentar a procura por alimentos frescos, convenientes e com alta qualidade sensorial e nutricional. Ao mesmo tempo tem aumentado o número de empresas de alimentação, compreendendo restaurantes com sistema de comida a quilo, restaurantes tradicionais, cozinhas industriais e empresas de “catering”. Essa nova realidade vem estimulando, por parte das pessoas e das empresas, o interesse pela produção de frutas e hortaliças minimamente processadas.

Os minimamente processados mais consumidos pela população brasileira são obtidos a partir de hortaliças, dentre as quais se destaca o repolho. Além do alto consumo, o repolho propicia boa agregação de valor quando minimamente processado.

O repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*) é uma hortaliça de cabeça, formada por folhas espessas, cerosas, conchoidais e imbricadas numa sobreposição de folhas. Destaca-se como fonte de vitamina C, mas também fornece vitaminas B1, B2, E e K, além de sais minerais, sobretudo cálcio e fósforo (LANA *et al.*, 2003). As variedades mais apropriadas ao processamento mínimo são as que têm alta compacidade da cabeça (cabeças mais firmes), por oferecer maior resistência ao corte e, conseqüentemente, resultar num produto de melhor qualidade.

Processamento mínimo de hortaliças é definido como qualquer alteração física realizada de modo a obter um produto fresco que não necessite de subsequente preparo para o consumo. O processamento mínimo do repolho é, então, a transformação *in natura* desse produto, processo que começa com cuidados desde a colheita e pós-colheita e compreende várias outras etapas, como seleção, lavagem, resfriamento rápido, corte, enxágüe, sanitização, segundo enxágüe, centrifugação, embalagem, armazenamento, distribuição e comercialização.

A vida útil do repolho minimamente processado é curta porque o processamento causa injúrias nos tecidos, as quais induzem respostas fisiológicas e bioquímicas (SILVA, 2000) e microbiológicas (FANTUZZI, 1999) que aceleram a senescência, diminuindo a qualidade e o tempo de vida do produto. No entanto, o abaixamento da temperatura em toda a cadeia produtiva, associado ao uso de atmosfera modificada passiva, possibilita a produção, distribuição e comercialização de repolho minimamente processado com boa qualidade e vida de prateleira estendida.

2. Fluxograma e descrição das etapas do processamento mínimo de repolho

Para o sucesso da atividade de processamento mínimo de repolho requer-se a coordenação e a integração cuidadosa de todas as etapas mostradas no fluxograma a seguir (figura 1), e que são gerais para a maioria das hortaliças.

repolhos colhidas não devem ficar em contato com o solo, a fim de evitar o transporte de sujeira para a área de processamento e a contaminação do produto com microorganismos fitopatogênicos.

2.2 Manuseio pós-colheita

As práticas de manuseio pós-colheita são tão importantes quanto as práticas culturais e as etapas do processamento mínimo. Os cuidados com a matéria-prima são decisivos para assegurar a qualidade e a aceitabilidade do produto final.

Após a colheita, o repolho deve ser colocado em caixas apropriadas e armazenado à sombra ou em locais cobertos, preferencialmente equipados com sistema de pulverização com água limpa, para evitar o murchamento e o ressecamento do produto. É recomendável, também, que o repolho seja lavado ainda no campo, com água limpa e corrente. Esse procedimento é essencial para retirar o calor de campo, que acelera os processos de senescência (deterioração) do produto.

As operações realizadas no transporte do campo para a área de processamento são responsáveis por grande parte das injúrias mecânicas que depreciam a qualidade da matéria-prima e resultam em maior perda e menor eficiência no processamento. O transporte deve ser feito o mais rápido possível e de forma cuidadosa, em caixas apropriadas, e, preferencialmente, em caminhões refrigerados ou, em último caso, cobertos com lonas térmicas.

2.3 Recepção da matéria-prima

A recepção da matéria-prima deve ser em local apropriado, coberto e com plataforma de alvenaria para o descarregamento das caixas. As etapas de pesagem para controle de produção e de qualidade são realizadas durante a recepção, logo em seguida ao descarregamento das caixas.

2.4 Seleção, padronização e lavagem

Seleção é a etapa de eliminação dos materiais impróprios para o consumo humano e das partes do repolho não processáveis, como, por exemplo, folhas velhas, nervuras centrais e raízes. A padronização consiste na separação da matéria-prima de acordo com as características de forma, tamanho e peso, para facilitar o manuseio durante o processamento. Recomenda-se que a seleção e a padronização sejam realizadas em mesas de aço inoxidável, limpas e sanitizadas com cloro (200 mg L⁻¹ de cloro ativo).

A matéria-prima selecionada e classificada deverá ser lavada com água limpa e de boa qualidade (Portaria do Ministério da Saúde MS Nº 1469, de 29 de dezembro de 2000), retirando as impurezas como eventuais insetos e outros

organismos que estejam aderidos ao produto (Portaria do Ministério da Saúde SVS/MS Nº 326, de 30 de julho de 1997). A lavagem deve ser em tanques de aço inoxidável com água corrente, com posterior imersão em água com detergente próprio para alimentos. A quantidade de detergente a ser usada varia de acordo com a marca ou com o fabricante do produto; torna-se necessário consultar o fornecedor ou, preferencialmente, um técnico, para estabelecer qual a dose recomendada.

Essa etapa tem como finalidade preparar toda a matéria-prima para o resfriamento rápido e, conseqüentemente, para o processamento propriamente dito, de tal maneira que todo produto impróprio seja descartado.

2.5 Resfriamento rápido

A colheita resulta numa reação fisiológica do vegetal, que se caracteriza pela aceleração do seu metabolismo (Figura 2). O rápido aumento da taxa respiratória e da produção de etileno na primeira hora após a colheita representa o esforço dos organismos vivos em manter o equilíbrio desestabilizado pela colheita (ROLLE e CHISM, 1987; WATADA *et al.*, 1990) e gerar compostos específicos para a cicatrização das áreas danificadas nesse processo (KAYS, 1991). A figura 2 mostra que a produção de etileno apresenta evolução clássica para órgãos vegetais destacados, ou seja, um pico de produção inicial em resposta à colheita e outro, algumas horas após o primeiro, possivelmente em função do próprio etileno liberado (ABELES *et al.*, 1992).

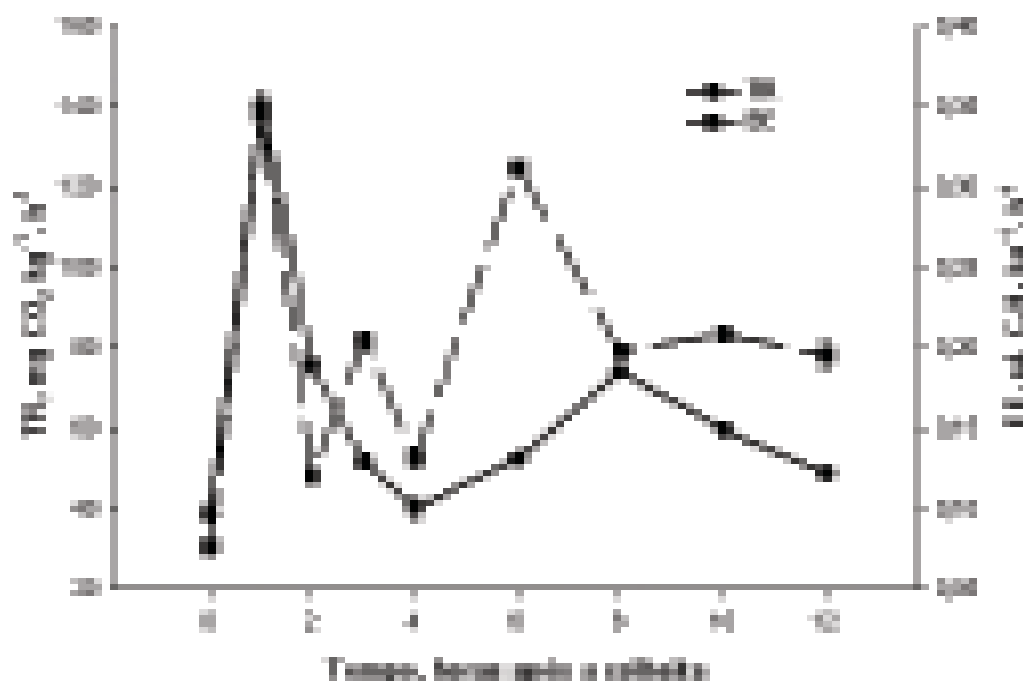


Figura 2. Taxa respiratória (TR) e evolução de etileno (EE) em repolho recém-colhido e mantido a 25°C, em sistema fechado. (SILVA, 2000.)

Com base nesses resultados, recomendava-se que o processamento mínimo iniciasse após o abaixamento e a estabilização da taxa respiratória, o que acontecia por volta de quatro horas após a colheita do repolho (Figura 2). No entanto, verificou-se que essa taxa respiratória, em torno de $40 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, era ainda muito elevada para o início do processamento mínimo, uma vez que o estresse do corte (como será visto mais adiante) aumentava ainda mais a taxa respiratória e a produção de etileno (Figura 8), acelerando assim o processo de senescência (SILVA, 2000).

A solução encontrada foi o resfriamento rápido da matéria-prima em câmaras frias a $5 \pm 1^\circ\text{C}$, por 24 horas. Nessas condições verificou-se redução significativa na taxa respiratória do repolho (Figuras 3 e 4).

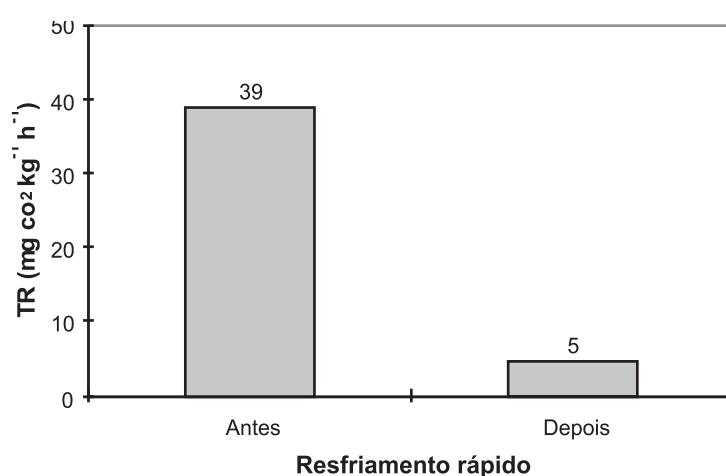


Figura 3. Taxa Respiratória (TR) em repolho intacto, com e sem resfriamento rápido, em câmara fria a $5 \pm 1^\circ\text{C}$, por 24 horas.

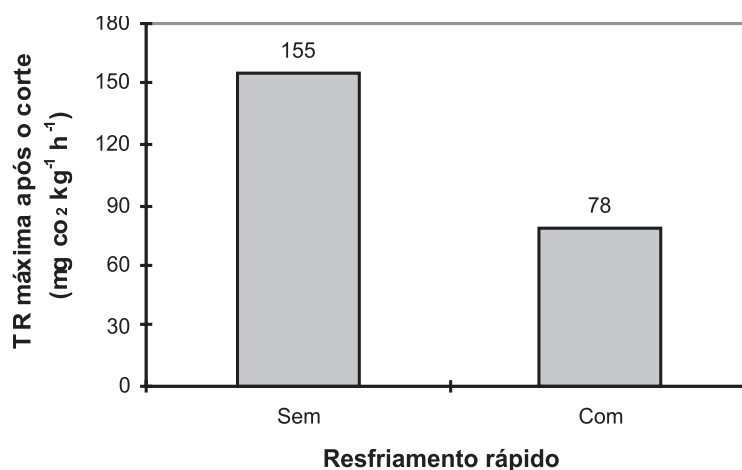


Figura 4. Taxa Respiratória (TR) máxima, medida logo após o corte, em repolho minimamente processado, com e sem resfriamento rápido, em câmara fria a $5 \pm 1^\circ\text{C}$, por 24 horas.

Recomenda-se, então, que, após a colheita, o repolho seja acondicionado em caixas de plástico e transportado para a unidade de refrigeração da unidade de processamento, onde será resfriado na temperatura de $5 \pm 1^\circ\text{C}$ e umidade relativa alta por um período de 24 horas.

2.6 Corte

A operação de corte desencadeia reações metabólicas e alterações fisiológicas que poderão comprometer a qualidade e a vida de prateleira do repolho minimamente processado, se cuidados especiais não forem observados.

2.6.1 Espessura de corte

A espessura do corte em repolho minimamente processado, como em qualquer outra hortaliça comercializada nessa forma, constitui um dos aspectos visuais de extrema importância para a aceitabilidade do produto. Testes sensoriais mostraram que, para o consumidor, não há diferença de aceitabilidade entre o repolho minimamente processado nas espessuras de 2 ± 1 mm ou de 10 ± 2 mm (Tabela 1).

Tabela 1. Médias de notas obtidas pelo teste de aceitabilidade visual para repolho minimamente processado, para duas espessuras de corte

Espessura	Médias
2 ± 1 mm	6,2 a
10 ± 2 mm	5,9 a

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Na espessura de 2 ± 1 mm, a taxa respiratória do repolho minimamente processado, meia hora após o corte, ficou em torno de $112 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, enquanto que na espessura de 10 ± 2 mm foi de apenas $75 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, ou seja, aproximadamente 50% maior no corte mais fino, permanecendo, nos tempos subsequentes, superior à do repolho cortado na maior espessura (Figura 5).

O repolho processado na menor espessura apresenta maior taxa respiratória, tornando-se, portanto, mais rapidamente senescente. Já o repolho cortado na maior espessura é, comparativamente ao cortado em menor espessura, mais facilmente conservado, em vista do menor estresse mecânico sofrido.

2.6.2 Equipamento de corte

Muitos fatores podem afetar a intensidade de resposta ao processamento mínimo, dentre os quais pode-se destacar o equipamento de corte. Repolho cortado manualmente, com facas bem afiadas, apresentou, três horas após o corte, menor

taxa respiratória (Figura 6) e menor produção de etileno (Figura 7), quando comparado ao corte mecânico em processador próprio para alimento. Isso pode ajudar a estender a vida útil do produto, pela menor aceleração do metabolismo (SILVA, 2000), pois o aumento da taxa respiratória e da produção de etileno, que é estimulado pelo corte, está inversamente relacionado com a vida útil do produto (WATADA *et al.*, 1990).

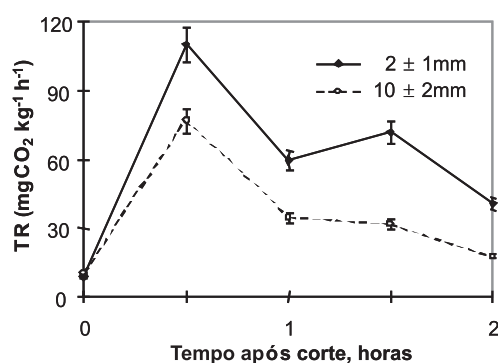


Figura 5. Taxa respiratória de repolho minimamente processado, em duas espessuras de corte, durante período de duas horas.

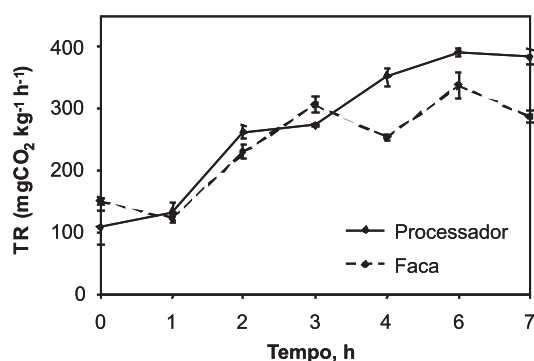


Figura 6. Taxa respiratória (TR) de repolho minimamente processado em dois equipamentos diferentes: faca e processador de alimentos.

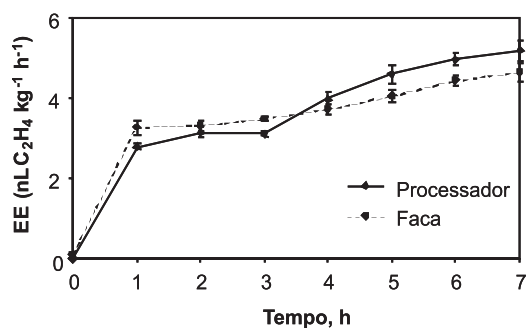


Figura 7. Evolução de etileno (EE) de repolho minimamente processado em dois equipamentos diferentes: faca e processador de alimentos.

2.6.3 Uso de temperatura no controle dos efeitos do corte

A taxa respiratória do repolho intacto, inicialmente em torno de $20 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, aumentou em torno de sete vezes, atingindo valor próximo de $140 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, num período de meia hora após o corte, bem como a evolução de etileno, atingindo produção máxima de aproximadamente $2,0 \text{ mL C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, permanecendo nesse patamar por aproximadamente duas horas após o corte (Figura 8). Aumentos assim na taxa respiratória de repolho minimamente processado, em relação ao intacto, foram observados por Cantwell (1992), sob condições experimentais a 25°C .

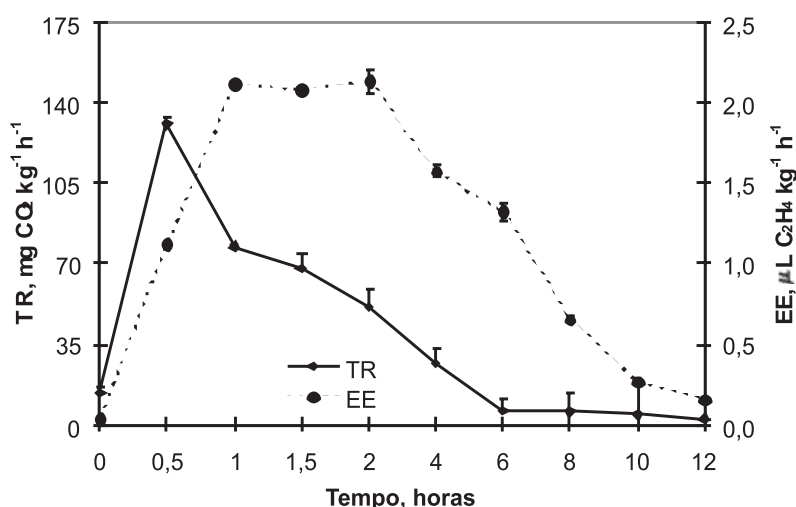


Figura 8. Efeito do corte sobre a taxa respiratória (TR) e a evolução de etileno (EE) em repolho armazenado por doze horas, na temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, em sistema fechado.

O aumento na taxa respiratória ocorreu, provavelmente, pelo rompimento físico das células que margeiam o corte e/ou pela desestruturação dos sistemas de membranas celulares (MAZLIAK, 1983), causada pela degradação enzimática dos componentes da membrana (GALLIARD *et al.*, 1976). O aumento na evolução de etileno ocorreu, provavelmente, depois do processo de desestruturação do sistema de membranas, uma vez que a descompartimentalização celular coloca em contato as enzimas e os substratos do sistema gerador de etileno (MAZLIAK, 1983) e, também, facilita a liberação do mesmo para o ambiente (YU e YANG, 1980).

A manutenção da cadeia de frio, desde o processamento até a comercialização, é, sem dúvida, a principal técnica para retardar os efeitos indesejáveis do processamento mínimo, uma vez que o abaixamento da temperatura reduz os processos enzimáticos, como a taxa respiratória e a evolução de etileno (WILLS *et al.*, 1998) e, conseqüentemente, retarda o processo de senescência, ampliando a vida útil do repolho minimamente processado (Figura 9). Tanto em repolho como em alface minimamente processados, Cantwell (1992)

e Watada *et al.* (1996) observaram que o abaixamento da temperatura foi eficiente na redução do metabolismo desses produtos.

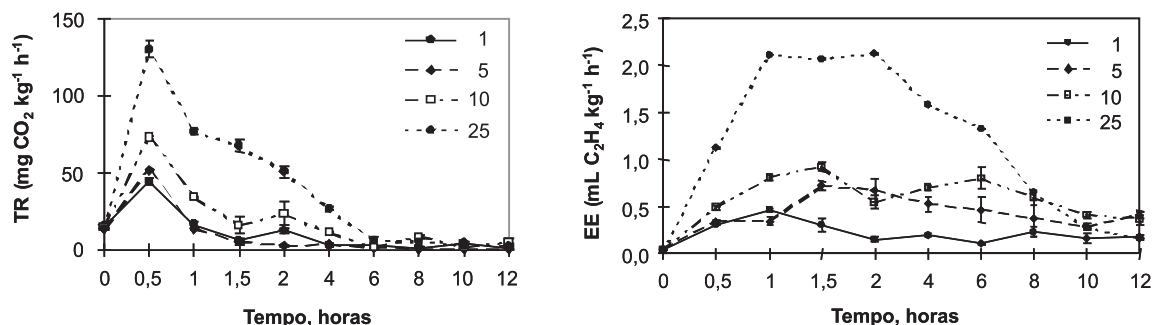


Figura 9. Taxa respiratória (TR) (esquerda) e evolução de etileno (EE) (direita) em repolho minimamente processado, acondicionado em sistema fechado e mantido nas temperaturas de 1°C, 5°C, 10°C e 25°C, por doze horas.

Os valores de Q_{10} no pico respiratório após o corte do repolho, apresentados na tabela 2, representam a variação na taxa respiratória quando a temperatura de armazenamento é abaixada de 25°C para 10°C (25 – 10), de 10°C para 5°C (10 – 5) e, finalmente, de 5°C para 1°C (5 – 1).

Tabela 2. Valores de Q_{10} associados à taxa respiratória de repolho minimamente processado, mantido em sistema fechado por doze horas, em diferentes temperaturas (°C)

DTemperatura	Q_{10}
5 - 1	0,5
10 - 5	13,0
25 - 10	2,2

O abaixamento da temperatura de 25°C para 10°C reduziu a taxa respiratória aproximadamente pela metade, enquanto que de 10°C para 5°C reduziu em torno de treze vezes. A redução de 5°C para 1°C não apresentou efeito expressivo na taxa respiratória, levando a indicar a temperatura de 5°C como sendo a melhor para o armazenamento refrigerado do repolho minimamente processado.

2.7 Primeiro enxágüe

Durante o processamento mínimo de repolho, o enxágüe logo após o corte é uma das etapas mais importantes, porque retira o excesso de exsudados celulares resultantes do corte, enquanto que o cloro da solução sanitizante, na etapa de sanitização, reage com a matéria orgânica e tem a sua atividade biocida reduzida (SIMONS e SANGUANSRI, 1997). Portanto, é recomendável que, após o corte, o produto seja enxaguado em água fria e circulante, para a retirada do suco celular resultante do corte.

2.8 Sanitização e segundo enxágüe

Redução significativa na população microbiana do repolho minimamente processado pode ocorrer com a sanitização, usando-se substâncias químicas antimicrobianas. O cloro, nas suas várias formas, é o sanitizante mais usado em alimentos, por ser um germicida de amplo espectro de ação. A sanitização com cloro, no entanto, resulta na produção de subprodutos nocivos, como cloraminas e trihalometanos, razão pela qual outros sanitizantes alternativos, como o ácido acético, têm sido avaliados.

Para repolho minimamente processado, geralmente usam-se soluções contendo 200 mg L⁻¹ de cloro livre ou 1% de ácido acético (FANTUZZI, 1999). No entanto, o uso de diferentes sanitizantes (Figura 10) reduziu a população microbiana de repolho minimamente processado por, no máximo, dois ciclos logarítmicos (FANTUZZI, 1999), o mesmo sendo observado para couve minimamente processada (BITTENCOURT, 2000).

Figura 10. Logaritmo do número de unidades formadoras de colônias de bactérias aeróbias mesófilas por grama (UFC g⁻¹) de repolho minimamente processado, submetido a diferentes sanitizantes, à temperatura ambiente, por dez minutos. (FANTUZZI, 1999)

Recomenda-se, então, que, após o corte, o produto seja lavado, para a retirada dos exsudados celulares resultantes do corte (primeiro enxágüe). Em seguida, o produto deve ser sanitizado por imersão em água gelada (5 ± 1°C) e clorada (200 mg L⁻¹ de cloro livre), por um período de dez minutos, e, posteriormente, imerso novamente em água gelada e clorada (3 mg L⁻¹ de cloro livre) por mais cinco minutos (segundo enxágüe), para a retirada do excesso de cloro.

O uso de soluções sanitizantes em baixas temperaturas (5 ± 1°C) é essencial para reduzir o metabolismo do produto minimamente processado, como preconizado por Watada *et al.* (1996) e confirmado por Carnellosi (2000), em couve minimamente processada.

2.9 Centrifugação

Durante o processamento mínimo de repolho, a centrifugação é uma das etapas mais importantes, porque retira o excesso de água proveniente das etapas

de sanitização e enxágüe e os exsudados celulares resultantes do corte, que são um excelente meio para o crescimento de microorganismos. Podem ser usados os mais diferentes tipos de centrífuga disponíveis no mercado para processamento de vegetais.

O tempo de centrifugação mais adequado deve ser determinado para cada sistema operacional, pois depende do produto, da centrífuga (raio e velocidade angular da centrífuga) e da quantidade de produto a ser centrifugada em cada operação. Para uma mesma centrífuga, mantém-se constante o peso de repolho minimamente processado a ser centrifugado e testam-se diferentes tempos, de tal maneira que no final da operação o peso de produto centrifugado seja igual ao peso antes do primeiro enxágüe.

Considerando-se os diferentes tempos de centrifugação de 4, 6, 8, 10, 12 e 14 minutos para centrifugar 1.500 g de repolho minimamente processado, em uma centrífuga doméstica com velocidade angular média de 2.200 rpm (equivalente a 800 g), observou-se que o tempo de dez minutos foi suficiente para retirar todo o excesso de água proveniente das etapas de sanitização e enxágüe (Figura 11), ou seja, a massa fresca do produto, logo após a centrifugação por dez minutos, foi aproximadamente a mesma obtida após o corte.

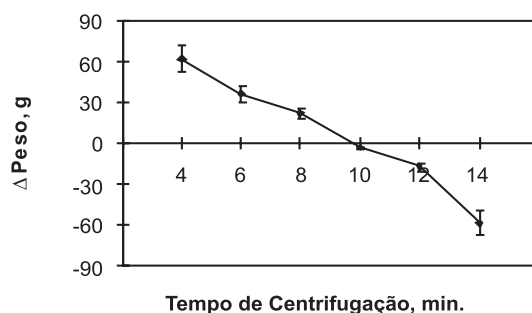


Figura 11. Variação de massa fresca (Δ peso, g) de repolho minimamente processado, centrifugado em diferentes tempos. (Δ peso = MF do produto centrifugado – MF do produto após o corte).

A temperatura do produto aumentou de forma lenta até dez minutos de centrifugação, passando de 9°C para aproximadamente 13°C, variando muito pouco com os tempos de centrifugação subseqüentes (Figura 12). Esse aquecimento ocorreu possivelmente devido ao efeito do atrito entre o produto minimamente processado e o ar dentro da centrífuga, ou mesmo pelo aquecimento da centrífuga.

Analisando os efeitos dos tempos de centrifugação no comportamento de alguns parâmetros bioquímicos, observou-se que o incremento da TR (Figura 13a) seguiu um padrão aproximadamente “sigmoidal” até doze minutos de centrifugação, apresentando a seguir (catorze minutos de centrifugação) um crescimento ainda maior, o que pode ter ocorrido em resposta ao maior

dessecamento do produto (Figura 11) e ao aumento na EE, a partir de dez minutos de centrifugação (Figura 13b). O mesmo aconteceu com o teor de sólidos-solúveis (Figura 13c). Quanto ao teor de vitamina C, houve pequena redução nos primeiros tempos de centrifugação (4, 6 e 8 minutos), com poucas alterações até o final do experimento (Figura 13d).

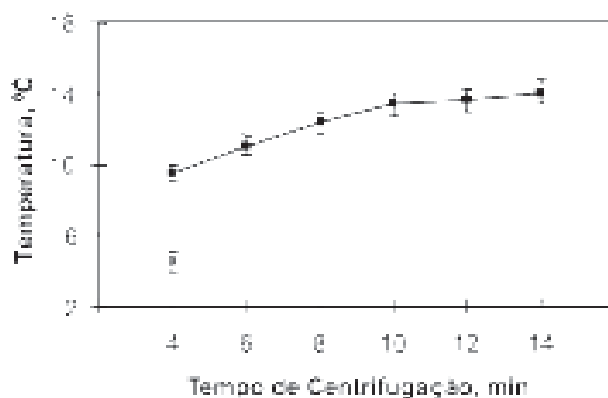


Figura 12. Variação da temperatura ($^{\circ}\text{C}$) de repolho minimamente processado durante centrifugações por diferentes tempos (\bar{x} – valor médio antes da centrifugação).

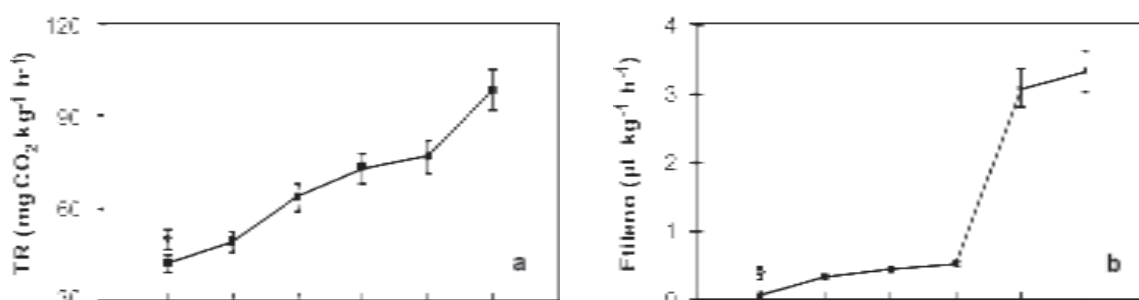


Figura 13. Taxa respiratória (a), produção de etileno (b), %brix (c) e vitamina C (d) em repolho minimamente processado e centrifugado em diferentes tempos (\bar{x} – valor médio antes da centrifugação).

Pela análise dos dados, pode-se sugerir que o tempo de centrifugação de dez minutos foi o mais adequado ao processamento mínimo de repolho, sendo suficiente para retirar todo o excesso de água e exsudados celulares provenientes das etapas de corte, sanitização e enxágüe (Figura 11). Nesse tempo, porém, aumentou a temperatura do produto em aproximadamente 4°C (Figura 12).

2.10 Embalagem

O uso de filmes de plástico que permitam trocas gasosas é de vital importância para a manutenção da qualidade do repolho minimamente processado, ainda que sob baixas temperaturas.

Silva (2000), trabalhando com diferentes quantidades de repolho minimamente processado (50 g, 100 g, 200 g e 300 g), acondicionadas em embalagens PD 961 EZ, de modo a manter constantes as relações entre o volume interno vazio (VIV) e a quantidade de produto (Q), entre o VIV e a área superficial externa (A), como também entre A e Q, verificou que as taxas de permeabilidade ao O₂ e ao CO₂ necessárias para acondicionar um grama de repolho minimamente processado, sob a temperatura de 5°C, são, respectivamente, de 1,5 cm³ a 2,0 cm³ de O₂ dia⁻¹ e de 4,0 cm³ a 5,5 cm³ de CO₂ g⁻¹ dia⁻¹.

Tem-se então, na prática, duas possibilidades de ajustar uma embalagem para acondicionar o repolho minimamente processado. A primeira possibilidade é quando se tem uma embalagem com permeabilidade conhecida e, portanto, torna-se fácil calcular qual a quantidade de repolho a ser acondicionada. A segunda possibilidade é quando se tem a quantidade de repolho que deve ser acondicionada. Nesse caso, torna-se necessário escolher uma embalagem que tenha as taxas de permeabilidade ao O₂ e ao CO₂ requeridas para essa quantidade de repolho minimamente processada ser acondicionada.

2.11 Armazenamento e distribuição

O armazenamento, a distribuição e a comercialização do produto final devem ser feitos em estruturas refrigeradas com temperatura em torno de 5°C e umidade relativa superior a 90% (SILVA, 2000).

Sob refrigeração, a taxa respiratória do repolho minimamente processado abaixou até o sexto dia de armazenamento (Figura 14a) (SILVA, 2000), permanecendo com qualidade aceitável por quinze dias, exceto para a temperatura de 20°C. O abaixamento da temperatura, de 10°C para 5°C, fez reduzir significativamente a taxa respiratória (Figura 14a), apresentando um Q₁₀ de 1,56 em todo o período. Ou seja, embora as taxas respiratórias, sob as duas temperaturas, pareçam muito próximas, a 10°C ocorreu um aumento de 56% na taxa respiratória do repolho minimamente processado.

À temperatura de 5°C, a evolução de etileno aumentou até o nono dia de armazenamento. A 10°C, houve redução na produção de etileno. E a 25°C, ocorreu

aumento na EE até o terceiro dia de armazenamento (Figura 14b). O aumento na evolução de etileno até o nono dia, a 5°C, pode ser uma resposta ao estresse causado pela baixa temperatura (COUEY, 1982; MARKHART III, 1986; WISE e NAYLOR, 1987; LYONS, 1973). Tais mudanças aumentam a permeabilidade das membranas e, também, a capacidade do tecido sintetizar etileno (ROLLE e CHISM, 1987). No entanto, sob baixas temperaturas, o incremento na evolução de etileno (Figura 14b) não induziu aumento da taxa respiratória (Figura 14a).

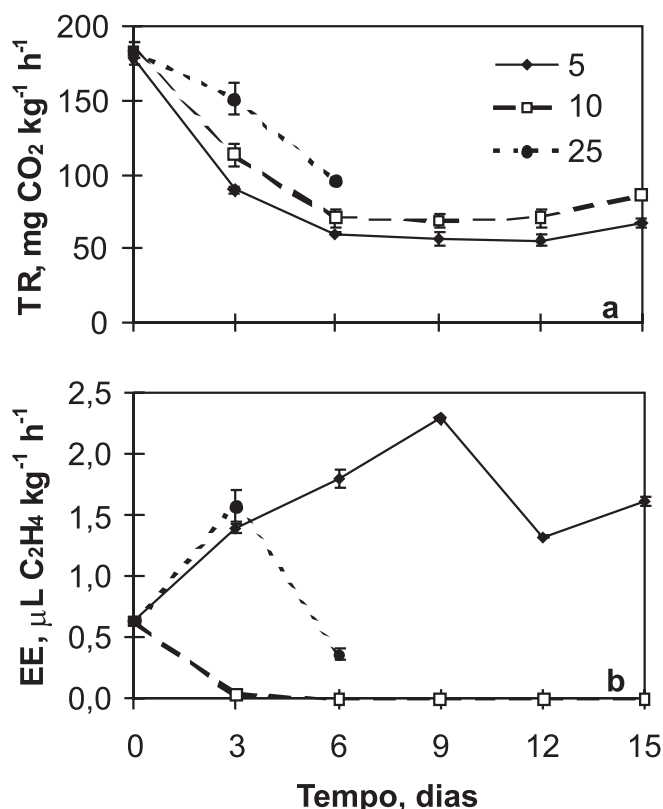


Figura 14. Taxa respiratória (TR) (a) e evolução de etileno (EE) (b) em repolho minimamente processado, mantido em sistema aberto por quinze dias, sob diferentes temperaturas.

Cantwell (1992), trabalhando com repolho minimamente processado, também observou que a taxa respiratória aumentou com o incremento da temperatura de 5°C para 10°C, apresentando um Q_{10} de aproximadamente 8,34, possivelmente acelerando o processo catabólico e, conseqüentemente, reduzindo a vida pós-colheita. Esse comportamento da taxa respiratória em função da temperatura é clássico para órgãos vegetais destacados e posteriormente armazenados sob temperaturas crescentes, como foi demonstrado por Watada *et al.* (1996). O aumento na taxa respiratória pode levar ainda à perda de qualidade nutricional, o que pode ser verificado pelo conteúdo de vitamina C de vários vegetais armazenados em diferentes temperaturas (FAVELL, 1998).

3. Referências bibliográficas

ABELES, F. B.; MORGAN, P. W.; SALTVEIT JUNIOR, M. E. **Ethylene in plant biology**. California: Academic Press, 1992. 414 p.

BITTENCOURT, M. T. **Atividade microbiana em couve (*Brassica oleracea*, L. var. *acephala*) minimamente processada**. 2000. 79 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2000.

CANTWELL, M. Postharvest handling systems: minimally processed fruits and vegetables. In: KADER, A. A. (Ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. 2nd ed. University of California, Davis: Division of Horticultural and Natural Resources, Publ. 1992. p. 273-281.

CARNELOSSI, M. A. G. **Fisiologia pós colheita de folhas de couve (*Brassica oleracea*, L. var. *acephala*) minimamente processada**. 2000. 79 f. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, out. 2000.

COUEY, H. M. Chilling injury of crops of tropical and subtropical origin. **HortScience**, v. 17, p. 162-165, 1982.

FANTUZZI, E. **Atividade microbiana em repolho (*Brassica oleracea*, L. var. *capitata*) minimamente processado**. 2000. 50 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1999.

FAVELL, D. J. A comparison of the vitamin C content of fresh and frozen vegetables. **Food Chemistry**, v. 62, p. 59-64, 1998.

GALLIARD, T.; MATTHEWS, J. A.; FISHWICK, M. J.; WRIGHT, A. J. The enzymic degradation of lipids resulting from physical disruption of cucumber fruit. **Phytochemistry**, v. 15, p. 1731-1734, 1976.

KAYS, S. J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. 532 p.

LANA, M. M.; SANTOS, F. F.; LUENGO, R. F. A.; TAVARES, S. A.; MELO, M. F.; MATOS, M. J. L. F. **Repolho: como comprar, conservar e consumir**. 2001. Disponível em: <http://www.cnph.embrapa.br/paginas/dicas_ao_consumidor/repolho.htm>. Acesso em: 25 set. 2003.

LYONS, J. M. Chilling injury in plants. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 24, p. 445-466, 1973.

MARKHART III, A. H. Chilling injury: a review of possible causes. **HortScience**, v. 21, p. 1329-1333, 1986.

MAZLIAK, P. Plant membrane lipids: changes and alterations during ageing and senescence. In: LIEBERMANN, M. (Ed.). **Postharvest Physiology and Crop Preservation**. New York: Plenum Press, p. 1213-140, 1983.

ROLLE, R.; CHISM, G. W. Physiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. **Journal of Food Quality**, v. 43, p. 274-276, 1987.

SILVA, E. O. **Fisiologia pós colheita de repolho (*Brassica oleracea*, L. var. *capitata*) minimamente processado**. 2000. 85 f. Dissertação (Doutorado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, out. 2000.

SIMONS, L. K.; SANGUANSRI, P. Advances in the washing of minimally processed vegetables. **Food Australian**, v. 49, p. 75-80, 1997.

WATADA, A. E.; ABE, K.; YAMUCHI, N. Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. **Food Technology**, v. 44, p. 116-122, 1990.

WATADA, A. E.; KO, N. P.; MINOTT, D. A. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. **Postharvest Biology and Technology**, v. 9, p. 115-126, 1996.

WILLS, R. H.; McGLASSON, B.; GRAHAM, D.; JOYCE, D. **Postharvest – an introduction to the physiology and handling of fruits, vegetables and ornamentals**. New York: CABI International, 1998. 262 p.

WISE, R.; NAYLOR, A. W. Chilling enhanced photooxidation – the peroxidase destruction of lipids during chilling injury to photosynthesis and ultra structure. **Plant Physiology**, v. 83, p. 272-277, 1987.

YU, Y.B.; YANG, S. F. Biosynthesis of wound ethylene. **Pant Physiology**, v. 66, p. 281-285, 1980.

Capítulo 26

Processamento mínimo de rúcula

*José M. M. Sigris
Stefan A. Coppelmans*

1. Introdução

A rúcula (*Eruca sativa* Mill.) é uma hortaliça da família Brassicaceae, originária da Região Mediterrânea, Ásia Ocidental e Norte da África. Também é conhecida como *rucola*, seu nome em italiano, ou como pinhão, em português. É uma planta herbácea anual, com altura normalmente de 15 cm a 25 cm. Apresenta folhas relativamente espessas e divididas, com o limbo foliar de coloração verde e as nervuras verde-claras. No Brasil, predomina a cultivar conhecida como Cultivada (TRANI *et al.*, 1992).

Muito apreciada nas regiões brasileiras de colonização italiana, é rica em potássio, enxofre, ferro e vitaminas A e C. Possui sabor picante, cheiro agradável e acentuado, efeito anti-inflamatório no intestino e desintoxicante para o organismo humano (TRANI e PASSOS, 1998). Também é considerada por muitos como excelente estimulante do apetite.

Sua popularidade tem aumentado em quase todas as regiões brasileiras, sendo consumida como salada, isoladamente ou com outras hortaliças. Tem seu lugar garantido em churrascarias e churrascadas, principalmente acompanhando carnes como a picanha. Pizzas com cobertura de rúcula e tomate seco têm tido grande demanda na maioria das pizzarias do país.

Dados obtidos na Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP) atestam que o consumo de rúcula vem aumentando a cada ano (Figura 1). O consumo de rúcula naquele entreposto mais do que quadruplicou nos últimos seis anos (CEAGESP, 2003).

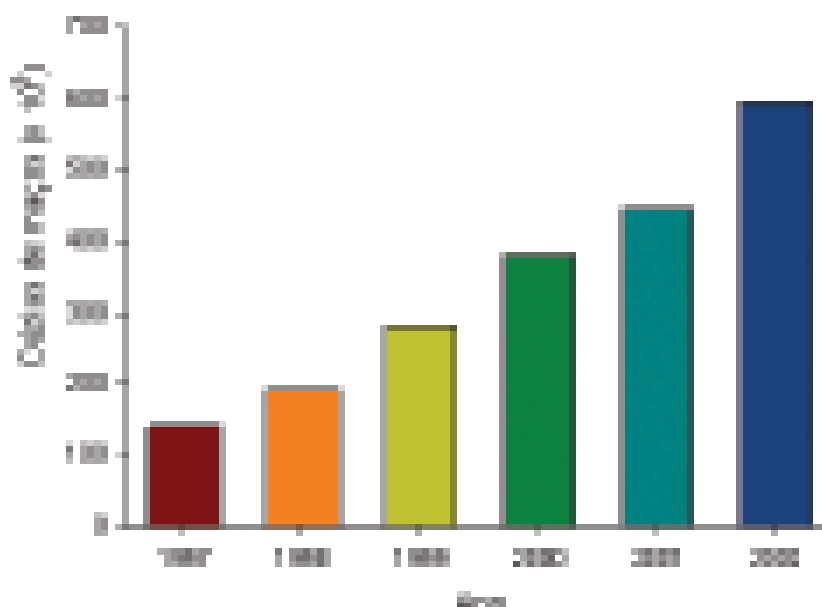


Figura 1. Volume de rúcula (em milhares de dúzias de maçãs) comercializado na CEAGESP (SP) de 1997 a 2002. (Fonte: CEAGESP, 2003)

Com a popularização das hortaliças minimamente processadas no Brasil, os supermercados também vêm oferecendo aos consumidores folhas de rúcula cortadas, limpas, higienizadas e embaladas, prontas para consumo. O período de validade desses produtos varia de quatro a seis dias, mas em espaços de tempo menores é possível encontrar folhas já murchas, algumas vezes começando a amarelecer.

Essas características, murchamento e amarelecimento, são os principais indicadores da perda de qualidade do produto. Técnicas apropriadas de processamento mínimo contribuem para que a vida de prateleira das folhas de rúcula possa ser estendida além de uma semana, podendo alcançar até dez dias.

2. Colheita e manuseio pós-colheita

A colheita da rúcula deve ser realizada trinta a quarenta dias após a semeadura, quando as plantas estiverem com 15 cm a 20 cm de altura e as folhas bem desenvolvidas, verdes e frescas. No dia anterior à colheita, recomenda-se uma boa irrigação (MINAMI e TESSARIOLI NETTO, 1998).

A colheita deve ser sempre realizada nos períodos de temperaturas mais amenas, nas primeiras horas da manhã ou ao entardecer. Nunca efetuar a colheita nas horas mais quentes do dia, porque as folhas estarão com temperaturas mais elevadas e menos túrgidas, o que pode contribuir para a mais rápida perda de qualidade e menor vida de prateleira. A opção de colher as folhas rente ao solo, acima da gema apical, para permitir novas colheitas, não é recomendável quando se destinam ao processamento mínimo, porque, como afirmam Minami e Tessarioli Netto (1998), a cada corte, a qualidade das folhas diminui. Além disso, os danos causados ao tecido vegetal na região do corte podem levar à excessiva perda de água das folhas e à entrada de microorganismos fitopatogênicos, principalmente se permanecerem muito tempo expostos às condições do ambiente.

A rúcula deve ser sempre colhida de uma só vez, arrancando-se as plantas inteiras (folhas e raízes). A colheita única é indicada mesmo e especialmente se houver necessidade de transporte a longa distância do local de cultivo para a unidade de processamento.

Embora o destino das plantas seja a unidade de processamento, elas podem, à medida que forem colhidas, ser juntadas em maços de 400 gramas a 500 gramas, procedimento que facilitará as etapas subseqüentes. Os maços são então colocados separados uns dos outros em caixas de plástico próprias para colheita.

Quando o local de cultivo for distante da unidade de processamento, recomenda-se uma primeira lavagem, para a eliminação da terra ou de torrões de terra presos às raízes e de outras partículas aderidas às folhas. A lavagem é feita imergindo-se rapidamente maço a maço em uma caixa d'água que deve estar ao abrigo do sol, com a água sendo renovada sempre que, ao retirar as folhas, perceber que elas estão saindo mais sujas do que quando entraram. É muito

importante que a água seja de boa qualidade e seja preferencialmente usada à baixa temperatura. A lavagem, ao deixar gotículas de água na superfície das folhas, contribui para o menor murchamento das folhas, caso haja necessidade de transporte a longa distância até a unidade de processamento.

Os maços lavados podem então ser atados com fitilhos ou embalados com envoltórios de polipropileno, micro-perfurados ou não, e colocados em caixas de plástico limpas para serem encaminhados ao pré-processamento.

Durante o transporte, recomenda-se proteger as folhas da incidência direta de raios solares e de excessiva circulação de ar (vento) causada pelo veículo em movimento. Por outro lado, há que se tomar certo cuidado para que não se crie um ambiente muito abafado ao redor da hortaliça.

3. Cuidados com a matéria-prima antes do processamento

Quando a unidade de processamento se localiza na mesma propriedade ou muito próxima de onde a rúcula é cultivada, é preferível fazer a primeira lavagem em uma área externa ou isolada, considerada “suja”. Somente após a retirada dos torrões de terra das raízes e das sujeiras mais grossas das folhas e após a colocação dos maços em caixas de plástico limpas é que devem ser conduzidas para as áreas “limpas”.

Estando as raízes bem limpas, elas devem ser eliminadas somente na primeira etapa do processamento, durante a seleção das folhas. A manutenção das raízes nesse tempo é importante para evitar a perda excessiva de água das folhas e a entrada de microorganismos pela região do corte, quando descartadas.

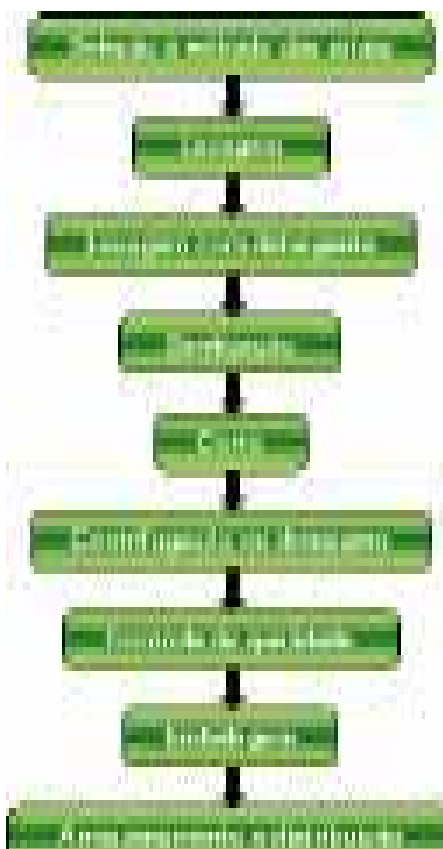
Por ser um produto altamente perecível, com vida de pós-colheita muito curta, o ideal é seu imediato processamento. Caso isto não seja possível, as folhas de rúcula devem ser encaminhadas para uma área ventilada, porém sem circulação excessiva de ar, ao abrigo do sol e com umidade relativa elevada. A colocação das caixas com folhas próximo a janelas ou portas não é recomendável, por serem locais passíveis de formação de correntes de ar. Há restrição também para ambientes com aparelhos de ar condicionado. Esses aparelhos roubam umidade do ambiente, podendo contribuir para o rápido murchamento das folhas. Medidas como nebulização de água nesses ambientes seriam necessárias.

Se o tempo de espera for longo, de mais de seis a oito horas, o ideal é a colocação das folhas de rúcula em câmaras frigoríficas com temperatura a 5°C e umidade relativa de 90% a 95%. A refrigeração auxilia o resfriamento do produto, evitando a perda de água e retardando o início do processo de amarelecimento das folhas, o que pode ser altamente vantajoso no caso da rúcula, desde que se mantenha a cadeia do frio deste momento em diante. Porém, quanto mais túrgidas e frias estiverem as folhas, mais susceptíveis a danos mecânicos elas estarão (THOMPSON *et al.*, 2001). Esta pode ser uma desvantagem, principalmente durante a centrifugação.

4. Fluxograma e descrição das etapas do processamento mínimo de rúcula

O processamento mínimo de rúcula, em todas as etapas mostradas no fluxograma a seguir (Figura 2), e descritas adiante, deve ser realizado em ambiente refrigerado, com temperatura ao redor de 12°C a 15°C.

Figura 2. Fluxograma do processamento mínimo de rúcula.



4.1 Seleção e retirada das raízes

A seleção consiste na retirada de folhas com qualquer tipo de defeito que possa comprometer a qualidade final do produto ou contribuir para a sua rápida deterioração. Folhas murchas, sem frescor, sujas, amareladas, com pintas escuras, com insetos ou com danos causados por eles ou por microorganismo, devem ser eliminadas.

Nesta fase retiram-se as raízes, tomando-se o cuidado para que as folhas ainda permaneçam unidas pela base, para facilitar as operações subseqüentes.

4.2 Lavagem

As folhas devem ser imersas em água limpa e de boa qualidade, preferencialmente a 5°C, para que a cadeia de frio seja mantida. Podem-se usar,

nesta operação, tanques de aço inoxidável, com movimentação da água, para que a limpeza seja realizada de forma mais eficiente e se elimine a sujeira que restou da lavagem logo após a colheita.

4.3 Lavagem com detergente

No caso de hortaliças folhosas, mesmo após várias lavagens, insetos muitas vezes permanecem aderidos às folhas, em regiões de difícil percepção aos olhos do pessoal da seleção e do controle de qualidade.

Para facilitar a remoção desses insetos e complementar a lavagem das folhas de rúcula, recomenda-se sua imersão em solução de detergente próprio para alimentos. A concentração e o tempo de imersão são encontrados nos rótulos desses produtos. A propriedade umectante bastante acentuada dos detergentes é que facilita a remoção de impureza como terra e insetos. A agitação da solução em tanques de aço inoxidável faz com que os insetos se desprendam mais facilmente das folhas. É recomendável que a solução também esteja a 5°C, para manter o resfriamento das folhas de rúcula.

É importante realçar que não é qualquer detergente que pode ser usado na lavagem de frutas e hortaliças; os que se prestam a este fim têm de estar autorizados pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) do Ministério da Saúde. (Consultar: <www.anvisa.gov.br>.)

A remoção do excesso de detergente é uma etapa muito importante. Os detergentes líquidos usados na lavagem de frutas e hortaliças são neutros, inodoros e insípidos; mesmo assim, as folhas não podem conter resíduos deles em suas superfícies. Portanto, uma nova lavagem em água limpa e de boa qualidade, a 5°C, é necessária. A agitação da água melhorará a eficiência do processo.

4.4 Sanitização

As frutas e hortaliças são naturalmente fontes potenciais de microorganismos (que deterioram o tecido vegetal) e também de bactérias, vírus e parasitas (que causam doenças aos seres humanos). Quando minimamente processadas, as atmosferas que se desenvolvem no interior das embalagens de plástico – baixos níveis de oxigênio e elevados níveis de gás carbônico – favorecem ainda mais o rápido desenvolvimento desses microorganismos.

Em avaliações realizadas por Sigrist (2002), folhas de rúcula minimamente processadas tiveram de ser descartadas no décimo dia de armazenamento a 5°C porque apresentavam contagens muito elevadas de coliformes totais (10^5 UFC/g), apesar de não haver murchamento, deterioração ou amarelecimento das folhas. Ou seja, a qualidade visual estava boa, mas a microbiológica estava muito ruim, mesmo havendo rigoroso controle de temperatura (5°C) e de sanitização (contagem de coliformes totais após a sanitização: < 10 UFC/g)

A sanitização é, pois, uma das etapas mais importantes do processamento mínimo. Sua principal função é a redução da carga microbiana, que acompanha as hortaliças desde o campo. Como a maioria dos sanitizantes não possui efeito residual ou possui por períodos muito curtos, os microorganismos voltam a se desenvolver ao longo da vida de prateleira do produto.

Como regra geral, a operação de sanitização compreende o uso de um sanitizante para a lavagem da hortaliça e de toda a unidade de processamento, inclusive dos instrumentos e equipamentos, e o uso de luvas, máscaras, aventais e botas por parte dos operadores, além de controle muito rigoroso da temperatura. Muito importante ainda são análises microbiológicas freqüentes de amostras das hortaliças minimamente processadas, inclusive no varejo (supermercados).

O cloro é o sanitizante mais conhecido em todo o mundo, há muitos anos usado no tratamento da água destinada ao consumo humano e como sanitizante de superfícies e equipamentos de unidades de processamento de alimentos. Pode ser usado em sua forma líquida (cloro líquido), como hipoclorito ou como dióxido de cloro, cada um com diferente grau de atividade antimicrobiana.

Para a sanitização de instrumentos, equipamentos e superfícies da unidade de processamento, recomenda-se uma solução de 200 mg de cloro ativo/L de água, por um a dois minutos. Para a rúcula minimamente processada, devem-se imergir as folhas em solução de 100 mg a 200 mg de cloro ativo/L de água, por cinco minutos.

A solubilidade do cloro é máxima a 4°C; portanto, soluções de cloro a 4°C são mais eficientes no controle de microorganismos. Da mesma forma, pH de soluções de cloro entre 6,5 a 7,5 propicia maior eficiência da sanitização, além de reduzir o risco de corrosão de instrumentos e equipamentos de aço inoxidável usados no processo. Além da desvantagem de ser corrosivo, o cloro, em sua forma líquida ou de hipoclorito, reage com compostos nitrogenados como as aminas, amônia, e aminoácidos, presentes na água de lavagem, podendo formar substâncias com potencial cancerígeno como as cloraminas (RNHCl).

Na França, o cloro não é autorizado, mas simplesmente tolerado para a sanitização de produtos minimamente processados. Em países como a Bélgica, Alemanha e Holanda, o seu uso não é permitido. A tendência é de se eliminar o cloro do processo de sanitização de frutas e hortaliças (VAROQUAUX, 2001). Assim como para os detergentes líquidos, não é qualquer sanitizante que pode ser usado em produtos hortícolas. Necessariamente tem de ser autorizado pela Anvisa.

Antes da etapa de corte da rúcula é importante que o excesso de sanitizante seja removido da hortaliça, para que o consumidor não sinta o odor ou o gosto do cloro nas folhas. Assim, recomenda-se nova lavagem ou enxágüe em solução contendo 5 mg de cloro ativo/L de água, por dois a três minutos. Novamente o pH e a temperatura desta solução influenciam a qualidade microbiológica do produto durante a sua vida de prateleira.

4.5 Corte

A forma mais comum de comercialização de rúcula minimamente processada é a de folhas soltas. Neste caso, as folhas de rúcula são cortadas imediatamente acima do ponto de união de seus pecíolos, para que se separem umas das outras.

Algumas vezes são encontradas em supermercados embalagens com as folhas unidas pela base. Neste caso, a operação de corte é feita somente para a separação das raízes. O corte em tiras deve ser realizado quando o produto se destina à cobertura de pizzas.

Como na maioria das vezes o corte é mínimo, os danos ao tecido vegetal também são mínimos, quase não alterando o metabolismo das folhas de rúcula ao longo de sua vida de prateleira. A respiração das folhas de rúcula unidas pela base e das folhas inteiras, soltas, minimamente processadas, é igual para as armazenadas por dezesseis dias a 1°C e a 5°C, conforme a figura 3. A 11°C, temperatura muito elevada para a conservação das folhas minimamente processadas, observa-se efeito do corte (SIGRIST, 2002).

Figura 3. Respiração de folhas de rúcula unidas pela base e de folhas minimamente processadas a 1°C, 5°C e 11°C, em mg CO₂.kg⁻¹.h⁻¹. (Barras na vertical indicam diferença mínima significativa (DMS) (≤0.05)). (SIGRIST, 2002).

De qualquer forma, recomenda-se que a operação de corte seja realizada sempre com facas de aço inoxidável muito bem afiadas. Instrumentos cortantes que têm o fio gasto ou engrossado danificam muito mais o tecido vegetal.

4.6 Centrifugação ou drenagem

A centrifugação é necessária para a eliminação do excesso de água da superfície das folhas. Se não for retirado, o excesso irá se depositar no interior das embalagens, motivando a rejeição pelo consumidor. Outro inconveniente é que a água em excesso favorece o desenvolvimento de microorganismos deterioradores do tecido vegetal e patogênicos ao homem.

Porém, como já dito anteriormente, quanto mais túrgidas e frias estiverem as folhas, mais susceptíveis a danos físicos ou mecânicos elas estarão. Portanto, a centrifugação deve ser realizada cuidadosamente, para evitar danos às folhas e, conseqüentemente, elevadas perdas. Recomenda-se que as folhas de rúcula sejam colocadas em sacos de malha de fibra sintética e que a centrifugação seja realizada por quarenta e cinco segundos a um minuto, em centrífugas com aproximadamente 750 giros/minuto.

Os sacos de malha de fibra sintética protegem as folhas de danos físicos, facilitam seu manuseio e reduzem o número de folhas ou de seus pedaços, que, naturalmente, vão-se depositando no filtro da centrífuga. Esta deposição impede a saída de água do equipamento, fazendo com que mais vezes, ao longo do dia, seja necessária a sua remoção, evitando-se assim o acúmulo de água no interior da centrífuga.

Alternativamente à centrifugação, pode-se fazer a drenagem para a retirada da água superficial das folhas. Neste processo, as folhas de rúcula são colocadas em bandejas de aço inoxidável com fundo perfurado. Fundos telados, em aço inoxidável, são os preferidos, pois a drenagem se torna mais eficiente, devido à impossibilidade de acúmulo de água no interior das bandejas.

As bandejas com as folhas devem ser colocadas em ambientes refrigerados, se possível em câmaras frigoríficas a 5°C e com umidade relativa ao redor de 95%. O tempo de permanência nas câmaras dependerá da quantidade de água a ser retirada e da circulação de ar no ambiente. Porém, deve ser suficiente somente para a retirada da água superficial e não da água de constituição das folhas, quando o murchamento poderá ocorrer.

4.7 Controle de qualidade

Hortaliças folhosas têm o inconveniente de, muitas vezes, dificultar a identificação de problemas que possam comprometer sua qualidade e até a sua rejeição por parte dos consumidores. Muitos desses problemas acabam passando despercebidos do pessoal que faz a seleção da matéria-prima, primeira etapa do processamento mínimo. Outros surgem durante as demais operações do processo, como na centrifugação.

Assim, é altamente desejável que toda a unidade de processamento mínimo de folhosas tenha pessoal treinado em controle de qualidade. Esta operação deve ser feita em ambiente bastante iluminado, para que todas as folhas com defeitos graves possam ser descartadas.

4.8 Embalagem

Além de conter o produto que, no caso de rúcula minimamente processada, murcha e amarelece rapidamente, as embalagens assumem papel de vital importância na redução da velocidade com que essas reações indesejáveis acontecem.

Dentre algumas embalagens testadas por Sigrist *et al.* (2003), as de Polietileno de Baixa Densidade (PEBD) e as de Filme Laminado de Polipropileno/ Polietileno (PP/PE) foram as melhores para estender a vida de prateleira de rúcula minimamente processada. Nessas embalagens, as folhas permaneceram com boa qualidade até o décimo dia de armazenamento a 5°C. A depreciação da qualidade do produto ocorreu em função da elevada população de coliformes totais e não devido ao murchamento ou ao amarelecimento das folhas.

Como características dessas embalagens, tem-se: PEBD: 75μ de espessura, taxas de permeabilidade ao O₂ e ao CO₂ de 1.287 cm³.m⁻².dia⁻¹ e 6.385 cm³.m⁻².dia⁻¹, respectivamente, determinadas sob Condições Normais de Temperatura e Pressão (CNTP), e área de permeação de 690 cm². Quanto à embalagem de PP/PE, tem-se: 70μ de espessura, taxas de permeabilidade ao O₂ e ao CO₂, nas CNPT de 2.084 cm³.m⁻².dia⁻¹ e 5.545 cm³.m⁻².dia⁻¹, respectivamente, e área de permeação de 690 cm².

Folhas de rúcula têm sido encontradas em diversos tipos de embalagens. Além de sacos confeccionados de filmes flexíveis, têm-se as bandejas de isopor recobertas com PVC, as embalagens retangulares de tereftalato de polietileno (PET) com tampas de encaixe, em que um de seus lados já vem aderido ao seu corpo, e as de PET circulares com tampas que se encaixam na parte basal das embalagens. Estas últimas contribuem para melhor apresentação do produto do que as de filmes flexíveis.

Nos testes realizados por Sigrist *et al.* (2003), os provadores preferiram as folhas de rúcula minimamente processadas colocadas em bandejas de isopor e envoltas em PVC (20μ), com a justificativa de que a apresentação era muito mais atrativa do que as embaladas em sacos de filmes flexíveis. Porém, no sexto dia de permanência a 5°C, algumas folhas apresentaram-se murchas e outras amareladas, por causa da alta permeabilidade do PVC ao vapor d'água.

4.9 Armazenamento e distribuição

Por serem altamente perecíveis, as folhas de rúcula minimamente processadas devem permanecer armazenadas o menor período de tempo possível. Tão logo haja estoque suficiente para justificar o transporte, o produto deve ser imediatamente distribuído em veículos refrigerados.

As condições de processamento (5°C e aproximadamente 95% de umidade relativa) devem ser mantidas nas câmaras de armazenamento temporário e nos veículos transportadores. Essas condições são requeridas de modo geral para todas as hortaliças minimamente processadas.

Para folhas de rúcula minimamente processadas, Sigrist (2002) mostra que 1°C seria a melhor temperatura para a sua conservação. Nesta temperatura e alta umidade relativa (90%) as folhas mantêm-se com excelente qualidade além de dezesseis dias.

A 5°C, as folhas minimamente processadas começam a ter seu metabolismo alterado a partir do sexto dia (Figura 3). Nesse dia, a respiração das folhas, que era ligeiramente decrescente, passa a ter tendência de crescimento. A partir do décimo dia, a mudança de comportamento respiratório é mais notória.

A 11°C, o amarelecimento iniciou já no segundo dia. No sexto dia, todas as folhas já estavam muito amarelas, comprometendo seriamente a qualidade do produto minimamente processado para o consumo (SIGRIST, 2002). A figura 3 mostra que o metabolismo das folhas de rúcula também foi alterado a partir do segundo dia.

Portanto, a temperatura de 5°C é aceitável para a conservação de folhas de rúcula minimamente processadas até dez dias. O ideal seria o armazenamento a 1°C, com a qual se procuraria garantir a melhor qualidade microbiológica do produto.

Temperaturas elevadas, ao redor de 11°C, são altamente prejudiciais à manutenção da qualidade de folhas de rúcula e devem ser evitadas, mesmo nas gôndolas dos supermercados.

5. Referências bibliográficas

CEAGESP – COMPANHIA DE ENTREPÓSITOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO. **Sexênio – preços médios e quantidades mensais: rúcula.** São Paulo, 2003. 89 p.

MINAMI, K.; TESSARIOLI NETTO, J. **A cultura da rúcula.** Piracicaba: ESALQ, 1998, 19 p. (Série Produtor Rural, 8).

SIGRIST, J. M. M. **Estudos fisiológicos e tecnológicos de couve-flor e rúcula minimamente processadas.** 2002. 112 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP, 2002. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-03042003-155537/>>

SIGRIST, J. M. M.; SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; SILVEIRA, N. F. A.; CALEGÁRIO, F. F.; PRESTES, E. B.; MINAMI, K. Modified atmosphere packaging for fresh-cut salad rocket. In: ANNUAL MEETING OF THE INTERAMERICAN SOCIETY FOR TROPICAL HORTICULTURE, XLIX, Fortaleza, 2003. **Program and Abstracts.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 67, 2003. p. 192.

THOMPSON, J.; CANTWELL, M.; ARPAIA, M. L.; KADER, A.; CRISOSTO, C.; SMILANICK, J. Effect of cooling delay on fruit and vegetable quality. **Perishables Handling Quarterly Issue.** Davis, CA, USA: University of California at Davis, 2001, n. 105. 4 p.

TRANI, P. E.; FORNASIER, J. B; LISBÃO, R. S. Cultura da rúcula. **Boletim Técnico do Instituto Agrônomo,** Campinas, SP: IAC, 1992, n. 146. 8 p.

TRANI, P. E.; PASSOS, F. A. Rúcula (Pinchão). In: FAHL, J. I.; CAMARGO, M. B. P. de; PIZINATTO, M. A.; BETTI, J. A.; MELO, A. M. T. de; DEMARIA, I. C.; FURLANI, A. M. C. (Eds.) **Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas**. Campinas, SP: IAC, 1998. p. 241-242. (IAC. Boletim, 200).

VAROQUAUX, P. Unit operations for fresh-cut produce. In: SECOND INTERNATIONAL CONFERENCE ON FRESH-CUT PRODUCE, Gloucestershire, United Kingdom, 2001. **Conference Proceedings**. Gloucestershire: Campden & Chorleywood Food Research Association Group, 2001. Cap. 5.

Capítulo 27

Processamento mínimo de tomate

*Encarna A. Giménez
Francisco A. Calero*

1. Considerações gerais e mercado

As recentes transformações socioculturais em praticamente todos os países têm multiplicado a demanda por alimentos de consumo fácil e rápido. O consumidor tem mostrado interesse crescente por alimentos preparados com ingredientes naturais e seguros, ou seja, produtos frescos ou análogos aos frescos, sem aditivos, obtidos respeitando-se o meio ambiente e prontos para o consumo.

Produzidos sob refrigeração e com tratamentos suaves que facilitam o consumo, os produtos minimamente processados surgiram por volta de 1975, nos EUA, e em 1982, na Europa. São constituídos por tecidos vivos, conservam os seus atributos sensoriais e o valor nutricional na maioria das vezes muito próximos aos do produto fresco e se conservam sob refrigeração em atmosfera modificada (ARTÉS e ARTÉS-HERNÁNDEZ, 2003).

Inicialmente, a distribuição desses produtos se deu em cadeias de restaurantes e em estabelecimentos de alimentação pronta, seguindo para os super e hipermercados até a situação atual, onde estão disponíveis numa multiplicidade de equipamentos varejistas. A variedade tem aumentado de forma extraordinária, constituindo-se provavelmente no mercado internacional mais importante de produtos alimentícios (AGUAYO e ARTÉS, 2004; CROTHERS, 1992).

A produção mundial de tomate alcançou números próximos a cem milhões de toneladas em 2001, destacando-se países como China (20 milhões de toneladas), EUA (10,2 milhões de toneladas), Índia (8,5 milhões de toneladas), Turquia (6,8 milhões de toneladas) e Egito (6,5 milhões de toneladas) (USDA, 2003). Na União Européia (UE), os principais países produtores dessa hortaliça são: Itália, Espanha e Grécia, cujo somatório da produção, em 2000, foi de 3,5 milhões de toneladas, correspondendo a 41%, 24,2% e 14,1% da produção européia, respectivamente (MAPA, 2001).

Desses dados se depreende a existência de um mercado potencial muito promissor para o tomate minimamente processado. Todavia, dada a condição perecível do produto e a dificuldade de seu preparo e distribuição, não há ainda grande oferta nos mercados varejistas em todo o mundo. Nos EUA, o tomate minimamente processado tem começado a despontar, sendo comercializado em rodela ou em cubos. O tomate inteiro tipo cereja é o mais usado como ingrediente de saladas prontas para o consumo.

Alguns supermercados no continente americano (EUA, Canadá, Chile e México, dentre outros) e na Europa (Reino Unido, Itália, França, Países Baixos) estão iniciando a comercialização de tomates minimamente processados. Entretanto, a comercialização é reduzida e o abastecimento é feito por processadores locais. Adicionalmente, uma salada à base de tomates, cebolas, pimentas do tipo jalapeño, coentro e limão, chamada "pico de galo", destinada sobretudo aos consumidores de origem latina, tem incrementado as vendas de tomates minimamente processados (AGUAYO e ARTÉS, 2004).

Nos EUA, o produto está sendo introduzido nas principais cadeias de restaurante de comida rápida ("fast food") e em restaurantes italianos, que o usam em molhos de massas e pizzas. Como mostra do potencial de expansão, uma grande corporação anunciou que, a partir de 2004, suas treze mil franquias no território americano passaram a ter liberdade para comprar de fornecedores locais o tomate minimamente processado em rodela, ao invés de prepará-lo *in situ*.

A sobrevivência comercial satisfatória de tomates minimamente processados depende da escolha apropriada da cultivar, do estágio de maturação e de práticas industriais adequadas de manipulação, processamento, embalagem, transporte e distribuição. Todos os aspectos são complementares e sinérgicos, dada a elevada suscetibilidade a diversas alterações que afetam adversamente sua qualidade e segurança (ARTÉS *et al.*, 2002a).

2. Fluxograma e descrição das etapas do processamento mínimo de tomate

As etapas sucessivas mais relevantes para a obtenção de tomate minimamente processado, de ótima qualidade, seguro e de vida útil satisfatória, são mostradas no fluxograma a seguir (Figura 1) e descritas em seguida.

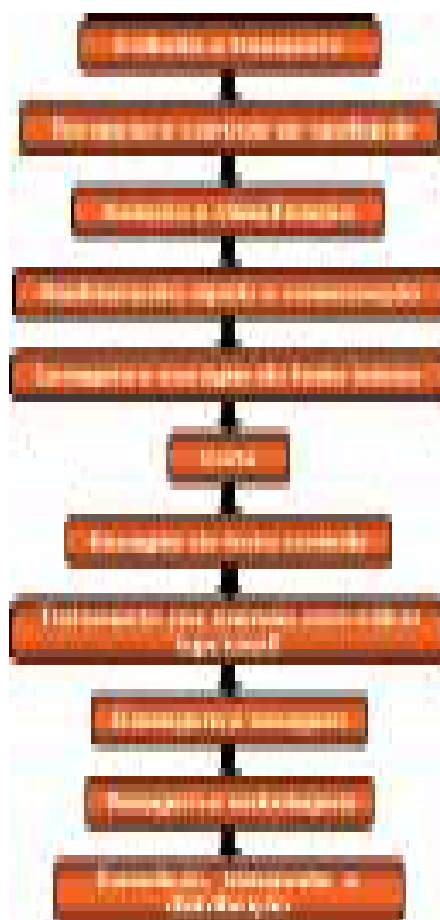


Figura 1. Fluxograma do processamento mínimo de tomate.

2.1 Colheita e transporte

A colheita deve ser realizada manualmente. O fruto deve estar no estágio ótimo de maturidade para o processamento mínimo. O transporte até a unidade de embalagem deve ser realizado em caixas de plástico limpas e paletizáveis, evitando na medida do possível o excesso de carga, os danos mecânicos (abrasões, impactos e vibrações), a insolação direta e temperaturas elevadas (ARTÉS, 1999).

2.2 Recepção e controle de qualidade

A qualidade inicial do tomate inteiro que servirá de matéria-prima deve ser excelente, para assegurar a máxima qualidade do produto processado (WATADA *et al.*, 1996). O primeiro controle de qualidade é feito quando se recebe a matéria-prima na agroindústria e deve considerar fundamentalmente os seguintes aspectos.

Cor – O tomate para processamento mínimo deve estar no estágio de amadurecimento entre 4,5 e 5,5, de acordo com a escala mostrada na figura 2 e com as tabelas comerciais de cor. Para o corte em cubos ou pedaços, recomenda-se o estágio 4,5, ou seja, menos maduro. Para fatias, cortar os frutos no estágio de amadurecimento 5,5, ou seja, mais maduro (BARTH *et al.*, 2004).



Figura 2. Estádios de amadurecimento de tomates segundo o Comitê de Tomates da Califórnia (California Tomato Board). (Fonte: <www.tomato.org/food/color.html>)

Firmeza – Determinada mediante pressão manual ou, preferivelmente, com um penetrômetro, com faixa de leitura de 15 N a 30 N, de acordo com a tabela 1.

Tabela 1. Classificação do tomate inteiro segundo a firmeza.

Classe	Firmeza (N) Força necessária para compressão de 5 mm
Muito firme	30-50
Firme	20-30
Moderadamente firme	15-20
Moderadamente macio	10-15
Macio	10
Muito macio	5

Fonte: Cantwell, 2004.

Danos físicos, fúngicos e fisiológicos – É muito importante que os tomates estejam sãos, sem danos mecânicos (cortes, cicatrizes, sinais de compressão, dentre outros), sem danos por frio, granizo, insetos ou outros parasitas, livres de qualquer contaminação fúngica e, muito particularmente, sem *Escherichia coli*, bem como livre de defeitos fisiológicos como manchas superficiais, principalmente queimaduras de sol, microrrupturas da epiderme, desenvolvimento anormal da cor da epiderme ou da polpa, inexistência de tecido placentário, dentre outros (ARTÉS, 1999).

Sabor – Determinado pelos sólidos solúveis totais (°Brix), com um refratômetro, e pela acidez, por titulação, sendo posteriormente calculada a relação sólidos solúveis / acidez. Os valores devem estar ao redor de 4°Brix e 6°Brix e acidez titulável entre 0,2% e 0,6% para que um tomate tenha sabor desejável (MENCARELLI e SALTVEIT, 1988).

2.3 Seleção e classificação

Tanto tomates provenientes de cultivo em campo aberto quanto de cultivo protegido devem passar por triagem prévia dos frutos, para eliminar os muito maduros, imaturos, deformados, com danos mecânicos, danos fisiológicos ou atacados por insetos ou outras pragas. Na unidade de processamento, a seleção deve ser completada com o descarte de restos de materiais vegetais, elementos estranhos e frutos com calibre não-comercial. Após essa etapa, os frutos podem passar por linhas de classificação dotadas de equipamentos com sensores óticos, que dispõem de leitura eletrônica de cor, massa e tamanho (ARTÉS, 1999).

2.4 Resfriamento rápido e conservação

Para preservar a qualidade do tomate selecionado até o momento da elaboração, convém efetuar o resfriamento rápido até a temperatura de conservação

(de 9°C a 10°C para frutos rosados e vermelhos), usando a técnica de resfriamento rápido com ar frio forçado e umidificado (umidade relativa entre 95% e 98%), ou por refrigeração indireta com acúmulo de gelo e circulação de água fria (ARTÉS, 1999). Posteriormente, os frutos são armazenados em câmaras frias, até o momento do preparo, na mesma temperatura e umidade relativa mencionadas. Nas câmaras frias podem permanecer por períodos de uma a duas semanas antes de serem processados, sem riscos de sofrerem dano por frio, ainda que o ideal seja mantê-los armazenados por curtos espaços de tempo.

2.5 Lavagem e enxágüe do fruto inteiro

Esta é uma etapa essencial, pois é a única capaz de reduzir a carga microbiana final do produto processado. Para lograr êxito, é necessário usar um desinfetante que comumente se adiciona à água de lavagem. Um dos mais adotados, em razão de seu baixo custo, é o cloro, que habitualmente se comercializa como soluções de hipoclorito de cálcio ou sódio, além de ser encontrado também em cilindros de cloro gasoso.

Ao adicionar cloro à água, ele se dissocia em cloro combinado e livre. A ação antimicrobiana do cloro se dá pela ação do cloro livre, que se compõe de ácido hipocloroso (HOCl) e íon hipoclorito (OCl⁻), sendo o HOCl a forma mais efetiva. A dissociação do HOCl depende do pH da água e do equilíbrio entre este e a forma OCl⁻, que se mantém ligada quando o HOCl é consumido na presença de matéria orgânica, perdendo sua ação antimicrobiana (BEUCHAT, 1992). A eficácia do cloro também depende da pureza da água, tempo de contato durante o enxágüe, potencial de oxidorredução e concentração.

A água de enxágüe deve ser de boa qualidade no que diz respeito a aspectos sensoriais e microbiológicos e deve estar na temperatura entre 1°C e 5°C. Além de conter cloro, o pH deve variar na faixa de 6,5 e 7,5, quando a eficácia bactericida do cloro é ótima. É possível ainda adicionar ácidos cítrico, ascórbico, fosfórico e acético, ou algum de seus sais, para a manutenção da qualidade, com concentrações variando entre 250 ppm e 300 ppm. Na Europa, somente estão autorizados como aditivos químicos para produtos minimamente processados, com limites diferentes segundo os países, o ácido ascórbico e seus derivados, o ácido cítrico e os cloretos de sódio e potássio (ARTÉS e ARTÉS-HERNÁNDEZ, 2003).

As concentrações habituais de cloro para a lavagem dos frutos, tanto antes como depois do corte, oscilam entre 100 mg e 200 mg . L⁻¹ (AHVENAINEN, 1996; ARTÉS, 1999; YILDIZ, 1997). Na lavagem inicial dos frutos de tomate inteiros devem ser usados 200 mg . L⁻¹ durante um minuto.

O uso de cloro tem sido questionado nos últimos anos porque, após se complexar com outros compostos químicos, pode dar origem a cloroaminas e trihalometanos, que ficam retidos no produto processado e são prejudiciais à saúde humana. Por isso estão sendo buscadas alternativas, como os clorobromatos,

ClO_2 , H_2O_2 , outros peróxidos, ozônio e a radiação ultravioleta C (UV – C). A esses devem ser adicionadas ainda outras formulações comerciais como o Tsunami (ácido peroxiacético), Sanova (cloreto sódico acidificado com 50% de ácido cítrico), Pro-Sam (66% de ácido cítrico com 3,6% de dodecilbenzeno sulfonato de sódio), além de outros ácidos orgânicos como propiônico, láctico e succínico. Estudos enfocando o efeito desses compostos em alface e cenoura sobre o desenvolvimento de *L. monocytogenes*, *E. coli* e *Salmonella* têm sido realizados, bem como o efeito de outras substâncias antimicrobianas naturais como vanilina (AGUAYO e ARTÉS, 2004; IFPA, 2004).

Sobre o uso de outros compostos alternativos ao cloro em tomates minimamente processados, cita-se trabalho que avaliou o enxágüe de tomates inteiros com água contendo 3,8 ppm de ozônio. Os frutos foram posteriormente processados como rodela, depois de dez dias de conservação a 5°C, tendo sido obtida redução de 1,9 UFC · g⁻¹ no crescimento da flora mesofílica, de 1,6 UFC · g⁻¹ na psicotrófica e de 0,7 UFC · g⁻¹ de leveduras, em relação à testemunha, lavada somente com água. Não obstante, após catorze dias de armazenamento a 5°C, a capacidade germicida do ozônio desapareceu (AGUAYO, 2003).

Após a lavagem dos frutos inteiros, procede-se a enxágüe em duchas com água desprovida de cloro, também à temperatura entre 1°C e 5°C, para eliminar qualquer resíduo que tenha permanecido aderido à superfície.

2.6 Corte

Esta operação é de suma importância. O corte danifica os tecidos, induzindo incremento na taxa respiratória e evolução de etileno, o que diminui drasticamente a vida útil do produto, comparativamente com a do produto inteiro de que provém (AHVENAINEN, 1996; BRACKETT, 1992; NGUYEN-THE e CARLIN, 1994; SCHLIMME, 1995; WATADA *et al.*, 1990). Por isso, o produto cortado deve permanecer sob refrigeração, para protegê-lo com eficácia contra possíveis alterações mecânicas, microbiológicas e biológicas (ARTÉS *et al.*, 1999).

A intensidade do dano causado pelo corte depende de fatores como o tamanho final da fatia, o afiamento das facas usadas no corte, aspectos mecânicos da ação do corte e as propriedades mecânicas do produto (BOLIN *et al.*, 1997). O corte deve ser realizado com facas de aço inoxidável tão afiadas quanto possível para reduzir danos (BOLIN e HUXSOLL, 1991). Esses fatores também afetam a atividade fisiológica do produto, assim como a sua suscetibilidade ao ataque microbiano (IZUMI *et al.*, 1996).

O tipo de corte afeta principalmente a aparência. Os mais adotados são: fatias, cubos e tiras. Um equipamento adequado de corte contribuirá para a obtenção de um produto de qualidade. Em variedades de tomate de polpa pouco consistente, as rodela constituem um formato mais compacto do que as cortadas na forma de cubos. Não obstante, as rodela com maior superfície de exposição

ao ambiente terão a superfície mais danificada e sofrerão maiores perdas de peso (AGUAYO *et al.*, 2004).

A produtividade nesta etapa depende da qualidade inicial do tomate, da variedade e do tipo de maquinário e de corte, podendo chegar entre 80% e 90%.

2.7 Enxágüe do fruto cortado

O tomate processado em cubos ou tiras deve ser enxaguado com água na temperatura entre 1°C e 5°C, contendo cloro (aproximadamente 100 mg . L⁻¹), a fim de eliminar sucros celulares e sementes que podem servir de substrato para o crescimento de microorganismos e atividades enzimáticas. É muito importante usar as concentrações adequadas, uma vez que podem influenciar a firmeza, a perda de eletrólitos (por aumento de fluidez da membrana), a produção de etileno e a oxidação de tecidos.

Hong e Gross (1998) observaram, no entanto, que o enxágüe de rodela de tomates minimamente processados com solução de 1% de NaClO durante um minuto diminuiu a firmeza e aumentou a saída de eletrólitos e a evolução de etileno após doze dias de armazenamento a 5°C.

2.8 Tratamento por imersão com cálcio

Opcionalmente, algumas empresas tratam o tomate minimamente processado com banhos de cálcio por imersão, visando a obtenção de um produto mais firme. Tal tratamento é realizado com CaCl₂ a 2%, durante um período de dez a trinta segundos, a 5°C.

2.9 Drenagem e secagem

Muitas empresas optam por não secar o tomate cortado, considerando suficiente que os frutos processados passem por uma etapa de drenagem do excesso de água, que se dá sobre uma peneira vibratória de aço inoxidável. Entretanto, quando o processamento mínimo de tomates é feito em cubos ou em tiras, é mais eficiente proceder à secagem do material.

A secagem pode ser realizada com centrifugação automática ou semi-automática (a mais comum), com aplicação concomitante de ar frio ou quente (por radiação infravermelha). Essa etapa pode se prolongar por vinte segundos, até que a superfície do tomate esteja totalmente livre de água, normalmente bem aderida. É primordial eliminar esta água, porque ela pode promover crescimento microbiano e prejudicar a aparência visual do produto (AGUAYO e ARTÉS, 2004).

2.10 Pesagem e embalagem

Ainda que o tomate minimamente processado possa ser comercializado como produto independente, na etapa de embalagem podem ser incorporados

outros produtos processados (outras espécies ou variedades) para a produção de saladas mistas de hortaliças.

O volume de exsudado no interior da embalagem afeta negativamente a aparência do produto, assim como propicia o desenvolvimento de bolores e leveduras. Para evitar esses problemas, deve ser escolhida uma variedade de tomate que apresente suficiente compacidade da placenta e que os frutos sejam colhidos no estágio ótimo de maturidade hortícola.

A embalagem sob atmosfera modificada, ao propiciar a formação de uma atmosfera saturada em vapor de água, reduz a produção de exsudado (GIL *et al.*, 2002). Além disso, pode ser conveniente colocar um papel absorvente de celulose no interior das embalagens, para evitar o acúmulo de suco exsudado. No mercado existem bolsas absorventes de umidade que se destinam a tal fim.

O conteúdo das embalagens com tomates minimamente processados pode oscilar entre 200 gramas e 400 gramas, enquanto que o produto minimamente processado em tiras ou cubos pode ter até 900 gramas.

O emprego de embalagens sob atmosfera modificada permite reduzir a perda de água (e com ela o amolecimento dos tecidos), retardar a biossíntese e os efeitos indesejáveis do etileno e limitar o crescimento microbiano. A modificação de atmosfera pode ser conseguida de forma passiva ou ativa (ARTÉS, 2000b). Recomenda-se estabilizar a atmosfera com $1 \text{ kPa O}_2 + 3 \text{ kPa CO}_2$, para atrasar o amadurecimento e a evolução de sólidos solúveis e a redução do amolecimento dos tecidos (GORNÝ, 2001b), ainda que as faixas de 3 kPa O_2 a 5 kPa O_2 e 0 kPa O_2 a 1 kPa CO_2 sejam aceitáveis (AGUAYO e ARTÉS, 2004). Para conseguir isso, dependendo da variedade, do tipo de corte e da massa do tomate minimamente processado a embalar, existem vários tipos de polímeros plásticos de características específicas, fechamento hermético e uso alimentar, como o polietileno e o polipropileno de diferentes modos de fabricação, espessuras e permeabilidade ao O_2 e CO_2 .

A embalagem pode ser feita manual ou mecanicamente. Quando feita automaticamente, pode ser em embaladoras de fluxo contínuo ("flow pack") verticais, para embalagem de cubos ou tiras. Já as máquinas horizontais são apropriadas para bandejas ou tigelas de plástico, mais adequadas para fatias para saladas. As bandejas de plástico rígido ou semi-rígido são seladas na borda superior com um polímero plástico que permita a termosselagem. Na embalagem deve ser afixada a data de validade do produto (ARTÉS e ARTÉS-HERNÁNDEZ, 2003).

Finalmente, é realizada uma inspeção visual de qualidade de todas as embalagens. São retiradas amostras para o controle de qualidade no laboratório (incluindo em particular os microbiológicos) e todas as embalagens passam por um controle minucioso de pesagem e por detectores de metais, para identificar a possível presença de corpos estranhos. Posteriormente, as embalagens são

acomodadas em caixas de papelão ondulado, e estas em “palets” simples ou mistos, que são armazenados em câmaras frias na temperatura entre 0°C e 5°C. O armazenamento não deve superar um dia até a expedição dos produtos.

2.11 Expedição, transporte e distribuição

A expedição se realiza em transporte refrigerado, numa faixa máxima de 1°C a 5°C (normalmente a 1°C). Os produtos são distribuídos diretamente para os grande consumidores e instituições ou para redes comerciais de atacadistas e varejistas. Durante toda a logística, incluindo-se aqui os envolvidos com o comércio institucional (“food service”), os locais de venda e os refrigeradores domésticos até o consumo, o tomate minimamente processado deve ser mantido entre 1°C e 5°C, ainda que se prefira o limite inferior, já que a manutenção da cadeia de frio é crucial para a manutenção da qualidade comercial do produto (ARTÉS e ARTÉS-HERNÁNDEZ, 2003).

A vida máxima de prateleira do tomate minimamente processado, com qualidade e segurança, em padrões aceitáveis, pode ser estendida a até catorze dias, se armazenado a 0°C e sob atmosfera de 4 kPa O₂ + 5 kPa CO₂ (ARTÉS e AGUAYO, 2000). Estudando rodela de tomate ‘Durinta’, Artés *et al.* (1999) obtiveram vida útil de dez dias a 2°C, quando combinaram atmosfera modificada ativa de 6 kPa O₂ a 7,5 kPa O₂ e de 0 kPa O₂ a 5 kPa CO₂ ou passiva de 15 kPa O₂ e 5 kPa CO₂).

Hakim *et al.* (2000) conseguiram vida útil de dez dias com atmosferas de 2 kPa O₂ + 5 kPa CO₂ a 1°C. Por sua vez Hong e Gross (2001) conseguiram, com armazenamento a 5°C e atmosfera modificada com 5 kPa O₂ e 6 kPa CO₂, vida útil de duas semanas. Entretanto, a esta temperatura, AGUAYO *et al.* (2004) não alcançaram conservação tão prolongada de rodela de tomates “Calibra”, sob atmosfera modificada de 8 kPa O₂ a 9,5 kPa O₂ e de 10 kPa O₂ a 11 kPa CO₂.

Pode-se concluir que a vida comercial do tomate minimamente processado pode estender-se entre sete e quinze dias, de acordo com os formatos e tipos de elaboração. Como valor médio, considerando-se uma escala comercial-industrial, a vida útil pode ser prolongada por dez dias sob atmosfera modificada passiva, mantendo-se a temperatura de armazenamento entre 1°C e 2°C (AGUAYO e ARTÉS, 2004).

3. Qualidade do tomate minimamente processado

A qualidade de um produto minimamente processado é uma combinação de atributos, propriedades ou características que determinam o valor para o consumidor. A qualidade das frutas e hortaliças minimamente processadas depende da cultivar, clima, práticas culturais, condições de colheita, época e momento da colheita, assim como todo o processo de preparo (KADER, 2002a). Outros fatores que também influenciam decisivamente a qualidade são: o método de preparo (incluindo-se o afiamento dos utensílios de corte), o tamanho e a superfície dos

pedaços, processos de lavagem e enxágüe, desinfecção, centrifugação, bem como as condições de manipulação, embalagem, velocidade de resfriamento, temperatura, umidade relativa, composição da atmosfera e duração da distribuição e venda, como mais importantes (AGUAYO e ARTÉS, 2004).

A indústria de processamento mínimo de tomates requer frutos sem danos, uniformes quanto ao tamanho, de cor vermelha, com suficiente integridade para suportar o processamento, e que depois do processamento mínimo tenha vida útil adequada, mantendo qualidade e segurança aceitáveis para o consumo. No processamento, quer seja feito em rodela, segmentos, tiras ou cubos, deve-se fazer um corte preciso, evitando-se a separação da placenta do pericarpo. Deve-se assegurar também que a rodela ou segmento constitua uma unidade íntegra e com suficiente compacidade para resistir ao transporte e à distribuição (AGUAYO *et al.*, 2001). Uma das variedades de tomate que melhor atende a essas exigências e, portanto, um dos mais processados, pertence ao grupo italiano, particularmente para processamento na forma de cubos (BARTH *et al.*, 2004).

Para a boa elaboração de tomates minimamente processados devem ser bem definidas as características desejáveis das variedades e a sua aptidão para o processamento mínimo, assim como as condições ótimas de embalagem, transporte, distribuição e duração da vida comercial. Por isso é muito importante conhecer os parâmetros básicos que permitem obter qualidade global ótima do tomate minimamente processado, como a cor, a firmeza, a ausência de defeitos, danos e podridões (AGUAYO e ARTÉS, 2004). Tais aspectos serão abordados a seguir.

3.1 Cor

A cor vermelha do tomate resulta: da substituição das clorofilas degradadas por pigmentos carotenóides sintetizados massivamente durante o processo de amadurecimento, do aumento do licopeno, seu carotenóide mais específico e mais abundante (com frequência variando entre 4 mg . kg⁻¹ a 7 mg . kg⁻¹ nas variedades vermelhas, alaranjadas ou amarelas) e de xantofilas, que se acumulam em estruturas lipídicas quando os cloroplastos se convertem em cromoplastos.

Inicialmente é sintetizado o fitoeno (incolor), que posteriormente é convertido em ζ -caroteno (coloração amarela pálida), betacaroteno (alaranjado) e xantofila (amarela). A síntese de pigmentos amarelecidos precede a de avermelhados (licopeno e betacaroteno), mas o grande acúmulo desses termina por mascarar aqueles. Entretanto, se o amadurecimento ocorre em temperaturas inferiores a 12°C, subótimas para a síntese de licopeno, ocorre o acúmulo de betacaroteno nos cromoplastos, cuja síntese continua, a essa temperatura, dando origem a frutos de coloração alaranjada ou amarelada (ARTÉS *et al.*, 2002b; LÓPEZ-CAMELO *et al.*, 2003; SHEWFELT *et al.*, 1988).

Existem distintas escalas de cor que classificam o tomate inteiro segundo a coloração e o estágio de amadurecimento. Uma muito usada nos EUA agrupa o

tomate em seis categorias, como visto na Figura 2. De acordo com essa escala de cores, o tomate para processamento mínimo poderia ser colhido no estágio de amadurecimento 2, quando ainda é muito resistente ao manuseio, e pode ser amadurecido a 20°C antes de ser processado. A indústria processadora adota preferencialmente a colheita entre os estádios de amadurecimento 4 e 5, com o fruto pronto para ser cortado, sem necessidade do amadurecimento artificial.

Na Europa, usa-se a tabela de cores holandesa Kleur-Stadia Tomaten, desenvolvida pelo Dutch Central Bureau for Horticultural Auctions (Figura 3). Por essa escala, um tomate pronto para ser cortado estaria entre as notas 6 e 8, dependendo de sua compacidade interna.



Figura 3. Escala de cores de tomates desenvolvida pelo Dutch Central Bureau for Horticultural Auctions. (Fonte: The Greenery (<<http://www.the-greenery.com>>)

Todavia, apesar das escalas de cores terem ampla utilização em nível comercial, o uso de colorímetros de reflexão é indispensável para estabelecer diferenças precisas de cor. Assim, estabeleceu-se, no sistema triaxial de cores CIELab, uma relação entre os valores da razão entre a^*/b^* e o índice de amadurecimento dos frutos. Por exemplo, durante o amadurecimento da variedade comercial Darío F-150, a evolução de cores aumentou os valores da relação a^*/b^* de -0,6 para o estágio verde-maduro ("mature-green") até a 2,2 para o estágio sobremaduro ("over-ripen"). Comercialmente, consideram-se aceitáveis tomates com relação ao redor de 0,8, com cor amarelo-alaranjada, de acordo com Artés e Escriche (1994).

Buta (2004) considera que, para os tomates mais comercializados com coloração vermelho-claro, a relação entre a razão a^*/b^* pode oscilar entre 0,60 e 0,95, apesar de a relação para os frutos vermelhos estar entre 0,95 e 1,21.

3.2 Firmeza

No tomate, a firmeza é um parâmetro de qualidade muito importante e, em consequência disso, um dos aspectos mais relevantes no preparo de tomates minimamente processados (BUTA, 2004; WU e ABBOTT, 2002). O amolecimento

do tomate se deve à despolimerização das pectinas da parede celular e da lamela média nos tecidos parenquimáticos, ocasionada, em grande parte, pela ação de enzimas de hidrólise de polissacarídeos, entre as quais figura a poligalacturonase (EC 3.2.1.15; poli [1,4- α -D-galactouronídeo] glucanohidrolase) ou PG, uma das mais abundantes. A endo-PG é a maior responsável pela despolimerização.

A atividade da PG é maior na parte externa da parede locular do pericarpo, seguida pela parede locular interna e tecido placentário. Todavia a PG não está presente no tecido placentário. Sua atividade aparece primeiro na placenta, para, posteriormente, desenvolver-se tanto na parte externa como interna da parede locular, conforme as mudanças de cor avançam no pericarpo. Porém somente a atividade da PG não basta para produzir o amolecimento e, como se sabe que a pectinametilesterase e as celulasas não a afetam de forma significativa, e que a expansina (LeExp1) e uma β -galactosidase (TBG4) poderiam ter um certo impacto, as bases moleculares da perda de firmeza de tomates ainda não são bem conhecidas (GIOVANNONI, 2004; PRESSEY, 1977).

A firmeza de um tomate inteiro depende da variedade, estágio de amadurecimento, temperatura e possíveis danos mecânicos (CANTWELL, 2004), e pode classificar-se com base na força necessária (N) para causar deformação de 5 mm em sua epiderme (Tabela 1).

Para Buta (2004), se os valores de firmeza de um tomate inteiro estiverem ao redor de $1,28 \text{ N mm}^{-1}$, o fruto estará adequado para o consumo doméstico; e se estiverem ao redor de $1,46 \text{ N mm}^{-1}$, são muito firmes e facilmente comercializáveis em supermercados.

A integridade das rodela de tomates minimamente processados pode ser quantificada pela perda de suco que é gerado após o seu preparo (CANTWELL, 2004), característica que pode relacionar-se com a firmeza inicial (Tabela 2).

Tabela 2. Perda de suco celular em rodela de tomate, segundo a firmeza.

Firmeza	Perda de suco celular (% em peso)
Muito firme	0 – 2
Firme	2 – 5
Moderadamente firme	5 – 8
Moderadamente macio	8 – 10
Macio	>10

Fonte: Cantwell, 2004.

No tomate minimamente processado, a operação de corte causa ligeiro amolecimento dos pedaços (ARTÉS *et al.*, 1999). As rodela também são muito suscetíveis à perda de água, o que provoca perda de firmeza (MENCARELLI e

SALTVEIT, 1988). Os principais fatores que favorecem o amolecimento do fruto após o corte são: elevadas temperaturas e a duração do período de conservação. Artés *et al.* (1999) observaram que, quando as rodela de tomate 'Durinta' se conservaram a 2°C, a firmeza era mais bem mantida quando comparada com a conservação realizada a 10°C, e que as rodela eram mais firmes quando eram retiradas de regiões próximas ao pedúnculo.

Hong *et al.* (2000) comprovaram que a firmeza das rodela dependia do sistema de cultivo empregado, sendo de melhor qualidade e firmeza as rodela provenientes de tomates sob cultivo protegido do que de sistema de canteiros com cobertura de plástico ou "mulching".

3.3 Ausência de defeitos

Os defeitos mais observáveis durante o processamento mínimo e a distribuição de tomates são: a presença de polpa translúcida ou translucida, amolecimento, germinação de semente, acúmulo de suco celular, perda de água e dessecação (GIL *et al.*, 2002). A desidratação das rodela de tomate foi descrita como o desenvolvimento de uma aparência esbranquiçada sobre a superfície do corte em contato com a atmosfera (ARTÉS *et al.*, 1999).

Uma possível forma de reduzir o amolecimento consiste em aplicar banhos de imersão de sais à base de cálcio. Esse cátion proporciona firmeza ao complexar-se com as cadeias de ácido poligalacturônico da parede celular e da lamela média do tecido. As concentrações usadas normalmente oscilam entre de 0,5% a 1% (GARCÍA e BARRET, 2002). Não obstante, a solução não parece generalizável, já que, por exemplo, não se encontrou nenhum efeito da retenção de firmeza com a aplicação de tratamentos por imersão de um minuto de soluções de 0,09 M de CaCl₂ em tomate convencional 'Durinta' (ARTÉS *et al.*, 1999).

O acúmulo de suco celular exsudado é evitado com a colocação de papel absorvente nas bandejas de plástico usadas como embalagem (MENCARELLI *et al.*, 1989; ARTÉS *et al.*, 1999; GIL *et al.*, 2002). A apresentação de rodela agrupadas na forma de tomates inteiros reduz a superfície de contato com o ar externo e, portanto, minimiza a perda de água. Em geral, as perdas de água são maiores a 5°C do que a 0°C e diminuem com o emprego de atmosfera modificada ao se manter uma atmosfera saturada com vapor de água (GIL *et al.*, 2002).

3.4 Qualidade global

Para que um tomate tenha sabor e aroma adequados, o teor de sólidos solúveis totais deve estar ao redor de 4 e 6, acidez titulável entre 0,2% e 0,6% e pH entre 4 e 5. Um sabor insípido está geralmente associado a uma baixa relação de sólidos solúveis totais e acidez titulável e a um pH baixo (MENCARELLI e SALTVEIT, 1988).

Lamentavelmente, as variedades com melhor qualidade sensorial nem sempre são as mais aptas para o processamento mínimo. Em estudo sobre dezesseis variedades de tomates, convencionais e de longa-vida de prateleira, observou-se que, apesar de as variedades longa-vida apresentarem, de modo geral, maior firmeza e menor exsudação, nem sempre mostravam melhor qualidade sensorial. Não obstante, as variedades melhores adaptadas ao corte em rodela e no formato de conchas foram as de longa-vida ('Thomas' e 'Sinatra'), com boa textura, sabor e aroma. Comprovou-se também que as variedades convencionais ('Castelo', 'Goya', 'Celorio' e 'Salvador') tiveram comportamento mediano após o processamento mínimo e foram bastante produtivas, quando colhidas em estágio rosa-alaranjado, o que as credencia como boa matéria-prima para a indústria de minimamente processados (AGUAYO *et al.*, 2001).

Além da qualidade sensorial, há que se considerar a qualidade nutricional. O tomate minimamente processado oferece ao consumidor uma das principais fontes de licopeno, um poderoso antioxidante capaz de prevenir contra enfermidades cardiovasculares e certos tipos de câncer como o de próstata e de mama. Comprovou-se que o consumo regular de tomates reduz o risco de manifestação dessas doenças (SHI *et al.*, 2000). Há programas de melhoramento em diversas partes do mundo buscando incrementar geneticamente teores de licopeno. Sabe-se que genótipos como o tomate 'Crimson' possui 50% mais desse pigmento carotenóide do que outras cultivares convencionais. Além disso, novos tomates melhorados contam também com genes que induzem resistência a doenças, boa qualidade sensorial e prolongada vida útil.

3.5 Qualidade microbiológica

As infecções e podridões típicas do tomate inteiro se devem a *Alternaria alternata* Keissl., *Phytophthora nicotiana* Breda de Haan var. *parasitica*, *Botrytinia fuckeliana* Whetzel (ou mofo-cinza), *Geotrichum candidum* (Butl & Peters.) Redh. & Mall. (ou podridão-ácida), *Rhizopus stolonifer* Vuill., *Colletotricum coccodes* (Wallr.) Hughes y *Colletotricum atramentarium* (Berk & Broome) ou a antracnose. Para evitá-las, é necessário manuseio correto no campo, evitar danos mecânicos e impedir que os frutos entrem em contato com o solo e com a água de irrigação (SOMMER *et al.*, 2002).

Os riscos microbiológicos em um produto minimamente processado podem ser classificados em duas categorias: os que provêm do campo e os que se produzem durante a sua elaboração. No tomate, um dos principais riscos é a contaminação por *Salmonella*, que se encontra na água de lavagem ou na água usada no asseio pessoal dos manipuladores (TAMPLIN, 1997). Outras fontes de contaminação advêm da irrigação por aspersão, de animais domésticos, da falta de higiene pessoal e da limpeza dos equipamentos. Na elaboração, o maior risco ocorre por ocasião do corte, seguido do contato com equipamentos não desinfetados adequadamente, quando os frutos estão desprovidos de sua epiderme, que funciona como uma barreira para evitar a contaminação microbiana (HURST, 2002).

Nas saladas processadas faz-se a contagem microbiana, que oscila desde 10^1 até 10^9 ciclos logarítmicos de unidades formadoras de colônia por grama (UFC g^{-1}), variando com o tipo de produto e as condições de embalagem. Em 80% a 90% dos casos, esses organismos podem ser bactérias Gram-negativas, concretamente *Pseudomonas* (NGUYEN-THE e CARLIN, 1994). Não obstante, a alta acidez do tomate reduz o crescimento bacteriano, permitindo basicamente o crescimento de fungos e bactérias acidófilas.

Entre os patógenos encontrados, citam-se: *Staphylococcus aureus* e *Salmonella* spp., que crescem muito quando sob temperaturas elevadas (20°C a 35°C). Em embalagens de saladas processadas mistas contendo tomate como ingrediente também pode ser encontrada *Listeria monocytogenes* (BEUCHAT e BRACKETT, 1991) ou parasitas como *Cryptosporidium* (MONGE e CHINCHILLA, 1996).

Para evitar todos esses problemas, as empresas processadoras devem implantar um sistema eficiente e flexível de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC), para assegurar produtos seguros. O APPCC é um sistema que previne a contaminação química, física e microbiológica do alimento, desde a matéria-prima até o estado final de um programa integrado de segurança. Inclui programas de Boas Práticas Agrícolas (BPA), Boas Práticas de Fabricação (BPF) e Procedimentos Padrão de Higiene Operacional (PPHO). O APPCC se baseia na identificação e controle dos pontos críticos e na prevenção de riscos identificados por meio desses. Cada empresa processadora deve estudar o número de pontos críticos em seu plano de APPCC (GORNLY, 2001c).

4. Evolução fisiológica do tomate minimamente processado

As alterações fisiológicas que ocorrem no tomate minimamente processado correspondem em essência às dos tecidos que o compõem, danificados pelos sucessivos processos de sua elaboração. A seguir serão estudadas as principais modificações que estão relacionadas com a produção de tomates minimamente processados.

4.1 Taxa respiratória e evolução de etileno

A atividade respiratória está associada à vida útil de um produto, numa relação inversamente proporcional, onde quanto maior a taxa respiratória, menor a vida de prateleira do produto (KADER, 2002a). É sabido que estresse mecânico de corte, por exemplo, induz incremento da respiração e produção de etileno no tomate em resposta a esse estresse, como verificaram Mencarelli e Saltveit (1988), Mencarelli *et al.* (1989), Artés *et al.* (1999) e Aguayo (2003), que detectaram que rodela de tomate tiveram rápido aumento na produção de CO_2 e de etileno.

O incremento da taxa respiratória se deve a um estímulo à respiração mitocondrial aeróbica, baseado no fato de que o estresse mecânico induz

mudanças na estrutura mitocondrial e incrementa suas funções (ASAHI, 1978). Tal incremento poderia também ser explicado parcialmente como consequência da eliminação, com o corte, de parte das barreiras (como periderme e cutícula) existentes às trocas gasosas dos tecidos.

Mencarelli e Saltveit (1988) e Campbell *et al.* (1990) observaram, em tomates verdes armazenados a 20°C, dois picos transitórios na produção de CO₂ e de etileno. O primeiro se associou à ocorrência do estresse mecânico, enquanto o segundo correspondeu à ocorrência do amadurecimento do tomate e coincidiu com a mudança de coloração dos frutos. O segundo pico de CO₂ surgiu trinta e cinco horas depois da ocorrência do corte, tendo se prolongado durante cinco horas, enquanto que o de etileno surgiu depois de dezoito horas e prolongou-se por mais trinta e duas horas.

Artés *et al.* (1999), Hong e Gross (1998, 2000) e Aguayo (2003) observaram, em rodela de tomates vermelhos mantidas a 5°C, um inicial e agudo incremento da respiração e produção de etileno como resposta ao estresse mecânico durante os dois primeiros dias, seguido de ligeira diminuição ou estado de equilíbrio, para, depois de dez a onze dias, devido à deterioração e ao crescimento microbiano a 5°C, aumentar de novo a produção desses gases até o final do período de armazenamento (Figura 4).

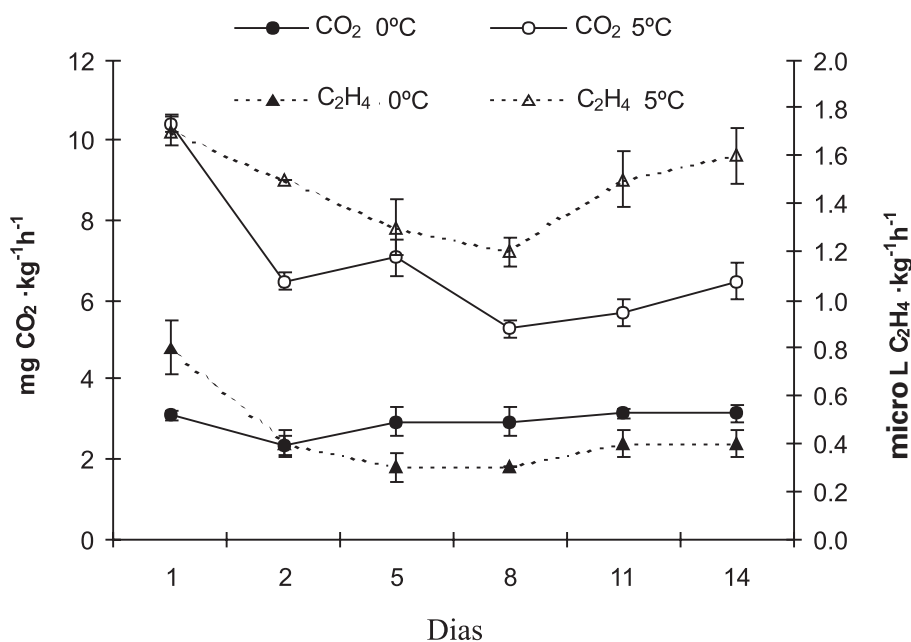


Figura 4. Taxa respiratória e evolução de etileno de rodela de tomates 'Calibra' a 0°C e 5°C.

As faixas de evolução de etileno e da taxa respiratória em tomate processado em rodela, em diferentes temperaturas, encontram-se nas tabelas 3 e 4, respectivamente.

Tabela 3. Evolução de C₂H₄ em rodela de tomate armazenadas sob várias temperaturas.

Temperatura (°C)	0	1	2	5	10
Evolução de etileno $\mu\text{LC}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$	0,4 a 0,7	6 a 7	0,07 a 0,27	1,1 a 1,8	0,34 a 1,4

[Fontes: MENCARELLI e SALTVEIT (1988), ARTÉS *et al.* (1999), HAKIM *et al.* (2000), AGUAYO (2003).]

Tabela 4. Taxa respiratória (mg CO₂ · kg⁻¹ · h⁻¹) de tomate intacto e minimamente processado em rodela, armazenados sob várias temperaturas.

Formato	Temperatura (°C)				
	0	2	5	10	20
Intacto	1,6 a 1,4	3,8 a 7,9	2,3 a 3,0	4,7 a 10,0	20,2 a 35
Rodela	2,0 a 4,0	7,8 a 10,8	5,0 a 11,0	18,0 a 72,0	58,0 a 95,0

[Fontes: WATADA *et al.* (1996), ARTÉS *et al.* (1999), HONG e GROSS (2000), AGUAYO (2003).]

4.2 Deterioração da membrana

O dano sofrido pela membrana do tomate decorre da descompartmentalização da estrutura celular, que perde sua funcionalidade. Os fenômenos mais comuns da deterioração celular podem ser indesejáveis, como o escurecimento enzimático e o desenvolvimento de aromas desagradáveis (BRECHT, 1995). Os tecidos danificados no processo podem sofrer rápida deterioração das membranas, associada à produção de radicais livres de O₂ como resposta ao dano sofrido (THOMPSON *et al.*, 1987).

Por outro lado, demonstrou-se que, em tomate, a produção de etileno é consequência do metabolismo dos ácidos graxos livres, pela ação da enzima lipoxigenase, o que sugere que o local danificado induz um colapso na membrana, que pode estar associado à produção de etileno de estresse (THEOLOGIS e LATIES, 1980).

4.3 Acúmulo de metabólitos secundários

O acúmulo de compostos fenólicos é um dos fenômenos mais frequentes como resposta ao estresse causado no tecido, e produz dois efeitos no metabolismo fenólico. O primeiro é a oxidação de fenólicos endógenos, já como consequência do colapso da membrana celular, que permite a entrada em contato de substâncias fenólicas armazenadas no vacúolo com enzimas oxidativas, que normalmente estão no protoplasma separadas daquelas por membranas. A segunda é o estímulo de células adjacentes ao dano que produzem mais fenólicos com o objetivo de iniciar processos de reparo ou cura do dano mecânico (como, por

exemplo, a lignificação) e que se constituem substratos dessas enzimas oxidativas. No tomate não é habitual o escurecimento enzimático. A resposta aos danos mecânicos sofridos por esta hortaliça dá-se na forma de acúmulo de cadeias alifáticas (ácidos graxos e alcoóis), que compreendem polímeros de suberina (DEAN e KOLATTUKUDY, 1976).

4.4 Perda de água

Os produtos minimamente processados são muito suscetíveis à perda de água, já que as zonas cortadas não possuem barreiras para se protegerem contra a desidratação. A casca ou pele, em muitos casos de constituição cérea, é eliminada e, evidentemente, o produto minimamente processado é convertido em algo muito perecível. Enquanto em órgãos inteiros a água que ocupa os espaços intercelulares não está diretamente exposta à atmosfera externa (BRECHT, 1995), nos produtos minimamente processados existe a abertura de muitos desses espaços intercelulares nas operações de corte, picagem, ralação e outras, expondo diretamente os tecidos à atmosfera externa. Isto aumenta drasticamente a velocidade de evaporação de água, além de aumentar extraordinariamente a superfície de intercâmbio de vapor de água entre o produto e a atmosfera que o rodeia (GARCÍA e BARRETT, 2002). Ambos os mecanismos promovem maior perda de água.

4.5 Susceptibilidade à deterioração microbiana

Nas frutas e hortaliças minimamente processadas tem sido encontrada grande variedade de microorganismos que crescem ativamente, incluindo bactérias mesófilas, ácido-lácticas e coliformes, e leveduras e fungos filamentosos (NGUYEN-THE e CARLIN, 1994). O aumento da flora microbiana nos produtos minimamente processados está associado à prolongada conservação e pode provocar incrementos na taxa respiratória e na evolução de etileno. A deterioração do tecido está estreitamente associada com a atividade microbiológica.

Como mencionado, a alta acidez do tomate reduz o crescimento bacteriano, permitindo o desenvolvimento principalmente de fungos e bactérias acidófilas. Assim, as contagens microbianas de fungos e leveduras em rodela de tomate 'Durinta' aumentaram em mais de 3 UFC . g⁻¹ depois de dez dias de conservação a 5°C (GIL *et al.*, 2002).

Depois de catorze dias de armazenamento, a contagem de microorganismos aeróbicos totais em rodela de tomate 'Calibra' alcançou 3,8 UFC.g⁻¹ a 0°C e 7,8 UFC . g⁻¹ a 5°C, sob atmosfera ambiente. O desenvolvimento de leveduras a 0°C foi muito baixo (inferior a 2 UFC.g⁻¹), mas a 5°C alcançou 4,5 UFC.g⁻¹ em atmosfera ambiente. Nessas condições, o crescimento de fungos filamentosos pode chegar a 3 UFC.g⁻¹ ou ser inibido a 0°C. Nos exemplos citados, a embalagem sob atmosfera modificada ativa com 4-5 kPa O₂ e 4-5 kPa CO₂ reduziu o crescimento microbiano de 2 UFC.g⁻¹ a 2,5 UFC.g⁻¹. Por sua vez, Hong e Gross (2001) também evitaram o crescimento fúngico em rodela de tomates com uma mistura ativa inicial de 1 kPa O₂ e 12 kPa CO₂, cuja atmosfera de equilíbrio foi 5 kPa O₂ e 6 kPa CO₂.

5. Controle de qualidade

Em muitas hortaliças minimamente processadas, como alface, aipo, espinafre, cenoura e erva-doce, é possível estender a vida comercial para atender às necessidades da indústria. Entretanto, os frutos são muito mais difíceis de ser processados e de ter a vida útil prolongada. O tomate não é uma exceção, ainda mais que é processado em avançado estado de amadurecimento, o que ocasiona aumento da produção de etileno e reduz a vida de prateleira do produto minimamente processado (GORNÝ e KADER, 1996). Os fatores que mais afetam a deterioração da qualidade são analisados a seguir.

5.1 Temperatura

Nos produtos minimamente processados, a temperatura é o principal parâmetro para a manutenção de adequada qualidade visual, redução da respiração e evolução do etileno, redução da ocorrência de amolecimento e limitação o crescimento microbiano (ARTÉS *et al.*, 2002a; BRACKETT, 1987; CANTWELL e SUSLOW, 2002; KADER *et al.*, 1989).

Na Europa não existe ainda uma diretiva acerca da temperatura de distribuição desses produtos. Na França, a legislação para hortaliças minimamente processadas menciona que a temperatura máxima para o armazenamento e a distribuição do produto deve ser de 4°C (JACXSENS *et al.*, 2002).

Pirovani *et al.* (1997) e Gillian *et al.* (1999) recomendam o armazenamento do produto embalado na temperatura em torno de 4°C, com umidade relativa entre 70% a 80%. Watada *et al.* (1996) aconselham uma faixa entre 0°C e 5°C. Por outro lado, a terceira diretiva de segurança dos alimentos da IFPA recomenda a temperatura de 4,4°C como ideal para a conservação de produtos minimamente processados, além da exigência de etiquetar os mesmos com a informação: MANTENHA REFRIGERADO (GARRET, 1997).

Um dos principais problemas de conservação de rodela de tomate é a rápida deterioração de sua qualidade após o processamento (GIL *et al.*, 2002; HONG e GROSS, 2001), incluindo-se aí variedades longa-vida (ARTÉS *et al.*, 1999). Os autores aqui citados observaram que a qualidade de rodela de tomate era melhor a 2°C do que a 10°C, o que tem a ver com o fato de o etileno e a taxa respiratória aumentarem com o incremento da temperatura. Não obstante, ao prolongar a vida útil para dez dias, os atributos de qualidade de rodela de tomate 'Durinta' se preservaram melhor a 0°C do que a 5°C, apesar de aquela temperatura ter causado alguns danos pelo frio: menor intensidade de cor vermelha e presença de zonas com aspecto de encharcamento ("watersoaked areas") (GIL *et al.*, 2002).

De maneira similar, Aguayo (2003) observou que, em rodela e em frutos de tomate 'Calibra' cortados ao meio, a conservação a 0°C, em comparação com 5°C, minimizava tanto a intensidade como a duração do estresse de corte. A 5°C

houve incremento de 3,5 vezes na emissão de etileno e entre 2 vezes e 2,4 vezes na evolução de CO₂ (Figura 3).

O armazenamento a baixas temperaturas, ao redor de 0°C, reduz a perda de peso, o volume exsudado e a evolução de voláteis e inibe o crescimento microbiano, melhorando a aparência visual. Não obstante, se a duração se prolongar por mais de uma semana, essa temperatura (0°C) pode provocar leve dano pelo frio, que é identificado como uma leve translucência do mesocarpo, sem que o produto seja comercialmente rechaçado. Em consequência, aconselha-se manter o tomate minimamente processado entre 0°C e 2°C (AGUAYO e ARTÉS, 2004).

Apesar de a vida útil do tomate minimamente processado poder ser prolongada pela refrigeração, o produto é sensível ao dano por frio, manifestando a incapacidade para amadurecer, presença de pontuações na epiderme (“pitting”), maior suscetibilidade à infecção fúngica, perda de aroma e desenvolvimento de zonas de encharcamento que aparecem como translúcidas (HOBSON, 1987; MORRIS, 1982). Essas zonas encharcadas se desenvolvem mais nas rodelas distais do que nas proximais e poder-se-ia relacioná-las com diferenças entre os estádios de amadurecimento.

Gil *et al.* (2002) observaram translucência em rodelas de tomates ‘Durinta’ em avançado estado de amadurecimento, armazenadas a 0°C. Para prevenir esses danos e assegurar boa qualidade, os autores aconselham conservar a 5°C sob embalagem com atmosfera modificada ativa (inicial 12 kPa O₂ e 0 kPa CO₂, alcançando 2 kPa O₂ e 20 kPa CO₂ no equilíbrio), para o que se requer uma película de baixa permeabilidade. Hong e Gross (2000) observaram que, se as rodelas forem embaladas com elevados níveis de etileno (35 ppm), manifestarão menos dano por frio do que manifestariam com níveis inferiores desse fitormônio.

5.2. Embalagem em atmosfera modificada

A atmosfera modificada é criada para alterar a composição gasosa normal do ar atmosférico (78 kPa N₂, 21 kPa O₂, 0,03 kPa CO₂ e traços de gases nobres) e para proporcionar uma atmosfera durante a conservação refrigerada que permita prolongar a vida do produto e preservar sua qualidade global e segurança. Isso pode ser conseguido pela embalagem em atmosfera modificada passiva ou ativa ou mediante a técnica de atmosfera controlada (AC). Essas técnicas diferem essencialmente no grau de controle que se tem sobre a concentração dos gases, sendo a AC mais precisa (ARTÉS, 2000a; KADER, 2002b).

As atmosferas com baixos níveis de O₂ e/ou elevados de CO₂ podem prolongar a vida útil tanto de produtos inteiros quando de minimamente processados, por atrasar o escurecimento enzimático na superfície de corte (KING *et al.*, 1991) e reduzir a velocidade de transpiração, a respiração e a biossíntese e ação do etileno (KADER, 2002b).

Os efeitos da redução de O₂ e elevação de CO₂ são sinérgicos, e o que conseguem ambos conjuntamente são superiores aos efeitos desses gases separadamente. Todavia, há que se considerar que a tolerância a altas concentrações de CO₂ diminui com a redução do nível de O₂ e, de forma similar, a tolerância a baixas concentrações de O₂ diminui ao aumentar as concentrações de CO₂ (ARTÉS, 2000a; KADER *et al.*, 1989).

A concentração mínima tolerável de O₂ para tomates inteiros é de 3 kPa, enquanto que a máxima de CO₂ é de 2 kPa (KADER *et al.*, 1989). Entretanto, tem-se demonstrado que um produto minimamente processado pode tolerar níveis de O₂ e CO₂ maiores do que o produto inteiro original, por aquele carecer de cutícula que restrinja a difusão gasosa e ser muito menor a distância da difusão gasosa desde o centro ao exterior do produto (WATADA e QI, 1999). Nos parágrafos seguintes são mencionadas algumas misturas de O₂ e CO₂ que têm favorecido a conservação de tomates minimamente processados.

A embalagem sob atmosfera modificada é uma etapa crucial na seqüência de preparo e conservação de produtos minimamente processados (HUXSOLL e BOLIN, 1989). É um processo dinâmico, onde a embalagem fechada interage com o produto embalado, normalmente sob controle cuidadoso da temperatura, para finalmente alcançar um equilíbrio na atmosfera interna, normalmente enriquecida com CO₂ e empobrecida em O₂. Essa atmosfera reduzirá a velocidade de respiração, evolução e sensibilidade ao etileno, a senescência, o amolecimento (atividade da PG), a degradação de clorofila, a biossíntese de carotenos, a perda de acidez e vitamina C e pró-vitamina A, a transpiração, oxidações indesejáveis e a suscetibilidade a patógenos (ARTÉS, 2000a; KADER *et al.*, 1989; ZAGORY e KADER, 1988). Igualmente, diminui o crescimento microbiano ao aumentar sua fase de latência e incrementar o tempo de geração da microflora (EI-GOORANI e SOMMER, 1981).

Um dos benefícios da atmosfera modificada é que ela proporciona alta umidade relativa, que inibe tanto a desidratação da superfície cortada dos produtos minimamente processados quanto a perda de peso, porque o tecido está isento de casca e cutícula (CANTWELL e SUSLOW, 2002; GORNY, 2001b; WATADA e QI, 1999).

Hong e Gross (2001) avaliaram em rodela de tomates seis combinações ativas a 5°C (1 kPa O₂ ou 20 kPa O₂ com 4 kPa CO₂, 8 kPa CO₂ ou 12 kPa CO₂). Com 1 kPa O₂ e 12 kPa CO₂, cujas condições de equilíbrio foram 5 kPa O₂ e 6 kPa CO₂, conseguiram ótimos resultados e vida útil de duas semanas. Também com atmosferas ativas de 12 kPa O₂ e 0 kPa CO₂ alcançando um equilíbrio de 2 kPa O₂ e 20 kPa CO₂ a 5°C, obtidos com uma película de baixa permeabilidade, mantiveram-se os atributos de qualidade durante dez dias (GIL *et al.*, 2002).

Da mesma forma, uma embalagem com atmosfera modificada ativa com mistura de 4-5 kPa O₂ e 4-5 kPa CO₂ a 0°C permitiu prolongar por catorze dias a vida útil e obter melhor sabor, aroma, textura e qualidade global. A 5°C, essa

embalagem sob atmosfera modificada ativa reteve melhor a textura e melhorou a qualidade global durante a primeira semana, reduzindo a velocidade da perda de peso, mas sem alcançar vida útil de catorze dias, por causa de importante redução de qualidade quanto ao aroma e ao sabor (AGUAYO, 2003).

Portanto, a embalagem sob atmosfera modificada é um excelente coadjuvante da temperatura, proporcionando, ambos, melhor qualidade sensorial e microbiológica.

5.3. Atmosfera controlada

Comprovou-se que uma mistura de ar enriquecido com 3 kPa CO₂, 3 kPa O₂ ou 3 kPa CO₂ + 3 kPa O₂ reduz a produção de etileno, atrasa a maturação e inibe a germinação de sementes. A síntese de etileno foi mais restringida pelas reduzidas concentrações de O₂ do que pelas elevadas concentrações de CO₂ (MENCARELLI e SALTVEIT, 1988). Hakim *et al.* (2000) usaram tensões de 2 kPa O₂ + 5 kPa CO₂, aplicados a 1°C, e assim evitaram a coloração anormal de sementes e reduziram a perda de aroma e sabor, o amolecimento e a atividade metabólica de rodela de tomates.

Aguayo (2003) observou que a conservação a 5°C em AC (3 kPa O₂ ou 4 kPa O₂ + 5 ou 10 kPa CO₂) de tomate processado em rodela e em metades reduziu em 50% a produção de etileno, sendo os valores encontrados de 0,1 µL · kg⁻¹ · h⁻¹ a 0,4 µL · kg⁻¹ · h⁻¹. Além disso, ambas as AC diminuíram o consumo de glicose, mas aumentaram a concentração de voláteis, em especial a atmosfera com 4 kPa O₂ + 10 kPa CO₂. Essa mistura produziu dano no mesocarpo do tomate, que mostrou excessivo enrijecimento, o que desaconselha concentrações mais elevadas. Entretanto, a AC de 4 kPa O₂ + 5 kPa CO₂ a 0°C reduziu a incidência de dano causado pelo frio.

A técnica de armazenamento sob AC supõe, portanto, ser bom coadjuvante à refrigeração para estender a vida útil de tomates minimamente processados. Todavia é inviável sua aplicação em escala industrial, pela curta duração de sua vida útil, como a de todos os outros produtos minimamente processados.

5.4. Outros coadjuvantes para preservar a qualidade

Já se mencionou anteriormente nesse capítulo sobre a possibilidade de se empregar banhos de imersão em soluções salinas de cálcio para a retenção da firmeza, o que possibilitaria a manutenção da qualidade dos produtos minimamente processados. A inclusão de absorvedores de etileno à base de permanganato de potássio no interior das embalagens permite a melhoria da qualidade final dos produtos (ABE e WATADA, 1991), ainda que esse tratamento tenha o inconveniente de que muitos países não autorizam o uso desse insumo em embalagens para consumo direto. Em rodela de tomates conservadas por doze dias a 5°C, conseguiu-se um tecido mais firme, com a redução da presença de etileno e o acúmulo de CO₂ (PANGARIBUAN *et al.*, 2003b).

Está sendo investigada atualmente o emprego do 1-metilciclopropeno (1-MCP), que tem o efeito potencial de inibir a ação do etileno, tão associada à perda de firmeza. Trabalhos publicados têm demonstrado que rodela de tomates tratadas com 1-MCP têm reduzida a evolução de etileno e da taxa respiratória, obtendo-se um pericarpo mais firme. Com doses de $0,1\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$, $1\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ e $10\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$, a produção de etileno foi reduzida em 24%, 40% e 60%, respectivamente, enquanto que a taxa respiratória diminui na mesma proporção. A firmeza no pericarpo dos frutos tratados foi 20%, 34% e 24% maior do que nos tomates do tratamento controle (PANGARIBUAN *et al.*, 2003a).

6. Referências bibliográficas

ABE, K.; WATADA, A. E. Ethylene absorbent to maintain quality of lightly processed fruits and vegetables. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 56, n. 6, p. 1589-1592, Nov./Dec. 1991.

AGUAYO, E. **Innovaciones tecnológicas en la conservación de tomate y melón procesado en fresco**. 2003. 398 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidad Politécnica de Cartagena, 2003.

AGUAYO, E.; ARTÉS, F. Elaboración del tomate mínimamente procesado en fresco. In: NAMESNY, A. (Ed.) **Postrecolección de hortalizas. Tomate**. Madrid: Ediagro, cap. 8, p. 123-145, 2004.

AGUAYO, E.; ESCALONA, V. H.; ARTÉS, F. Procesado en fresco y conservación en atmósfera modificada de 16 variedades de tomate. **Alimentación, Equipos y Tecnología**, , p. 127-132, 2001.

AHVENAINEN, R. New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. **Trends in Food Science and Technology**, v. 7, p. 179-187, 1996.

ARTÉS, F. Conservación de los productos vegetales en atmósfera modificada. In: LAMÚA, M (Ed.). **Aplicación del frío a los alimentos**. Madrid: A. Madrid Ediciones, 2000a. cap. 4, p. 105-125.

ARTÉS, F. Nuevas tendencias en la postrecolección del tomate fresco. **Alimentación, Equipos y Tecnología**, v. 5, p. 143-151, 1999.

ARTÉS, F. Productos vegetales procesados en fresco. En: LAMÚA, M (Ed.). **Aplicación del frío a los alimentos**. Madrid: A. Madrid Ediciones, 2000b. Cap. 5, p. 127-141.

ARTÉS, F.; AGUAYO, E. Controlled atmosphere storage of fresh-cut tomato. In: ARTÉS, F.; GIL, M. I.; CONESA, M. A. (Ed.). **Improving postharvest technologies of fruits, vegetables and ornamentals**. Cartagena: Ediciones Internacionales del Institute Refrigeration, 2000. v. I, p. 432-436.

ARTÉS, F.; ARTÉS-HERNÁNDEZ, F. Etapas decisivas y diseño de instalaciones para la elaboración de productos procesados en fresco. In: LOBO, M. G.; GONZÁLEZ, M. (Ed.). **Productos hortofrutícolas mínimamente procesados**, Gobierno de Canarias, 2003. p. 57-78.

ARTÉS, F.; ARTÉS-HERNÁNDEZ, F. Tratamientos postrecolección del tomate fresco. Tendencias e innovaciones. In: NAMESNY, A. (Ed.). **Postrecolección de hortalizas. Tomate**. Madrid: Ediagro, 2004. cap.10, p. 186-198.

ARTÉS, F.; CONESA, M. A.; HERNÁNDEZ, S.; GIL, M. I. Keeping quality of fresh-cut tomato. **Postharvest Biology and Technology**, v. 17, p. 153-162, 1999.

ARTÉS, F.; ESCRICHE, A. Intermittent warming reduces chilling injury and decay of tomato fruit. **Journal of Food Science**, v. 59, n. 5, p. 1053-1056, 1994.

ARTÉS, F.; GÓMEZ, P. A.; ARTÉS-HERNÁNDEZ, F. Alteraciones físicas, fisiológicas y microbianas de frutas y hortalizas procesadas en fresco. **Alimentaria**, v. 335, p. 69-74, 2002a.

ARTÉS, F.; MÍNGUEZ, M. I.; HORNERO, D. Analysing changes in fruit pigments. In: MAC DOUGALL, D. B. (Ed.). **Colour in food. improving quality**. Boca Raton: CRC Press and Woodhead Publishing Ltd., 2002b. Chap. 10, p. 248-282.

ASAHI, T. Biogenesis of cell organelles in wounded plant storage tissue cells. In: KAHL, G.; GRUYTER, W. de. (Ed.). **Biochemistry of wounded plant tissue**. Berlin: Springer Verlag, 1978. p. 391-419.

BARTH, M. M.; ZHUANG, H.; SALTVEIT, M. E. **Fresh-cut vegetables**. University of California, Davis, 2004. p. 24-31. (Postharvest Horticulture Series n. 10.)

BEUCHAT, L. R. Surface disinfecting of raw produce. **Dairy, Food Environmental Sanitation**, v. 12, n. 1, p. 6-9. 1992.

BEUCHAT, L. R.; BRACKETT, R. E. Behaviour of *Listeria monocytogenes* inoculated into raw tomatoes and processed tomato products. **Applied Environmental Microbiology**, v. 57, n. 5, p. 1367-1371, 1991.

BOLIN, H. R.; HUXSOLL, C. C. Effect of preparation procedures and storage parameters on quality retention of shredded lettuce. **Journal of Food Science**, v. 42, p. 1319-1321, 1991.

BOLIN, H. R.; STAFFORD, A. D.; KING, J. R.; HUXSOLL, C. C. Factors affecting the storage stability of shredded lettuce. **Journal of Food Science**, v. 42, p. 1319-1321, 1997.

BRACKETT, R. E. Microbiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. **Journal of Food Quality**, v. 10, p. 195-206, 1987.

BRACKETT, R. E. Shelf stability and safety of fresh produce as influenced by sanitation and disinfection. **Journal of Food Protection**, v. 55, p. 808-814, 1992.

BRECHT, J. K. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. **HortScience**, Alexandria, v. 30, p. 18-22, 1995.

BUTA, A. Determination of acceptable firmness and colour values of tomatoes. **Journal of Food Engineering**, v. 61, p. 471-475, 2004.

CAMPBELL, A. D.; HUYSAMER, M.; STOTZ, H. U.; GREVE, L. C.; LABAVITCH, J. M. Comparison of ripening processes in intact tomato fruit and excised pericarp discs. **Plant Physiology**, v. 94, p. 1582-1589, 1990.

CANTWELL, M. **Fresh-cut vegetables**. USA: University of California, Davis, 2004. p. 78-85. (Postharvest Horticulture Series n. 10.)

CANTWELL, M. I.; SUSLOW, T. S. Postharvest handling systems: fresh-cut fruits and vegetables. In: KADER, A. A. (Ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. 3rd ed. USA: University of California, 2002. p. 445-464. (Publication 3311).

CROTHERS, D. Packaging technology extends reach of pre-cuts. **Produce Business**, Aug. 1992, 33 p.

DEAN, B.; KOLATTUKUDY, P. E. Synthesis of suberin during wound-healing in jade leaves, tomato fruit y bean pods. **Plant Physiology**, v. 58, p. 411-416, 1976.

EL-GOORANI, M. A.; SOMMER, N. F. Effects of modified atmospheres on postharvest pathogens of fruits and vegetables. In: WESTPORT, J. (Ed.). **Horticultural Reviews**. AVI Publishing, 3rd ed., 1981. p. 412-462.

GARCÍA, E.; BARRET, M. D. Preservative treatments for fresh-cut fruits and vegetables. In: LAMIKANRA, O. (Ed.). **Fresh-cut fruits and vegetables: sciences, technology and market**. Boca Raton: CRC Press, 2002. cap. 9, p. 267-304.

GARRET, E. Fresh-cut produce and food safety. **Journal Association Food Drug Officials**, v. 61, n. 1, p. 26-29, 1997.

GIL, M. I.; CONESA, M. A.; ARTÉS, F. Quality changes in fresh cut tomato as affected by modified atmosphere packaging. **Postharvest Biology and Technology**, v. 25, p. 199-207, 2002.

GILLIAN, A.; CHRISTOPHER, T.; O'BEIRNE, D. The microbial safety of minimally processed vegetables. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 34, p. 1-22, 1999.

GIOVANNONI, J. J. Genetic regulation of fruit development and ripening. **Plant Cell**, v. 16, p. 170-180, 2004.

GORNY, J. R. A summary of CA and MA requirements and recommendations for fresh-cut (minimally processed) fruit and vegetables. In: CONTROLLED ATMOSPHERE RESEARCH CONFERENCE, 8., 2001. **Acta Horticulturae**, v. 600, p. 609-614,

GORNY, J. R. Food safety guidelines for the fresh-cut produce industry. 4th ed., Alexandria, VA: International Fresh-cut Produce Association. 2001c. 217 p.

GORNY, J. R.; KADER, A. A. Fresh-cut fruit products. In: CANTWELL, M. (Ed.). **Fresh-cut products: maintaining quality and safety**. Davis: University of California, Postharvest Outreach Program, 1996. p. 11-14. (Postharvest Horticulture Series, 10)

HAKIM, A.; BATAL, K. M.; AUSTIN, M. E.; GULLO, S.; KHATOON, M. Quality of packaged fresh-cut tomatoes. **Advances in Horticultural Science**, v. 14, p. 59-64, 2000.

HOBSON, G. E. Low-temperature injury and the storage of ripening tomatoes. **Journal of Horticultural Science**, v. 62, p. 55-62, 1987.

HONG, J. H.; GROSS, K. C. Involvement of ethylene in development of chilling injury in fresh-cut tomato slices during cold storage. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 125, p. 736-741, 2000.

HONG, J. H.; GROSS, K. C. Maintaining quality of fresh-cut tomato slices through modified atmosphere packaging and low temperatures storage. **Journal of Food Science**, v. 66, p. 960-965, 2001.

HONG, J. H.; GROSS, K. C. Surface sterilization of whole tomato fruit with sodium hypochlorite influences subsequent postharvest behavior of fresh-cut slices. **Postharvest Biology and Technology**, v. 13, p. 51-58, 1998.

HONG, J. H.; MILLS, D. J.; COFFMAN, C. B.; ANDERSON, J. D.; CAMP, M. J.; GROSS, K. C. Tomato cultivation systems affect subsequent quality of fresh-cut fruit slices. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 125, n. 6, p. 729-735, 2000.

HURST, W. C. Safety aspects of fresh-cut fruits and vegetables. LAMIKANRA, O. (Ed.). **Fresh-cut fruits and vegetables: science, technology, and market**. Boca Raton, FL: CRC Press, 2002. cap. 4, p. 45-91.

HUXSOLL, C. C.; BOLIN, H. R. Processing and distribution alternatives for minimally processed fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v. 43, n. 2, p.124-128, Feb.1989.

IFPA – INTERNATIONAL FRESH-CUT PRODUCT ASSOCIATION. IFPA ANNUAL CONFERENCE, 17th, 2004. **Poster Session**. Reno, NV, Apr. 2004. p. 22-24.

IZUMI, H.; WATADA, A. E.; KO, N. P.; DOUGLAS, W. Controlled atmosphere storage of carrot slices, sticks and shreds. **Postharvest Biology and Technology**, v. 9, p. 165-172, 1996.

JACXSENS, L.; DEVLIEGHERE, F.; DEBEVERE, J. Temperature dependence of shelf-life as affected by microbial proliferation and sensory quality of equilibrium modified atmosphere packaged fresh produce. **Postharvest Biology and Technology**, v. 26, p. 59-73, 2002.

KADER, A. A. Modified atmospheres during transport and storage. In: _____ (Ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. 3rd ed., University of California, 2002b. p. 135-144.

KADER, A. A. Quality parameters of fresh-cut fruit and vegetables products. In: LAMIKANRA, O. (Ed.). **Fresh-cut fruits and vegetables**. Science, technology and market. Boca Raton, FL: CRC Press, 2002a. cap. 2, p. 11-20.

KADER, A. A.; ZAGORY, D.; KERBEL, E. L. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 28, p. 1-30, 1989.

KING, A. D. JR.; MAGNUSON, J. A.; TOROK, T.; GOODMAN, N. Microflora and storage quality of partially processed lettuce. **Journal of Food Science**, v. 56, p. 459-461, 1991.

LÓPEZ-CAMELO, A. L.; GÓMEZ, P.; ARTÉS, F. Use of a* and b* colour parameters to assess the effect of some growth regulators on carotenoid biosynthesis during postharvest tomato ripening. **Acta Horticulturae**, v. 599, p. 305-308, 2003.

MAPA – MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN. **Estadísticas agrarias**. Madrid. Disponível em: <www.maypa.es>. Acesso em: dez. 2001.)

MENCARELLI, F.; SALTVEIT, M. E. Jr. Ripening of mature-green tomato fruit slices. **Journal of American Society for Horticultural Sciences**, v. 113, n. 5, p. 742-745 1988.

MENCARELLI, F.; SALTVEIT, M. E. Jr.; MASSANTINI, R. Lightly processed foods: Ripening of tomato fruit slices. **Acta Horticulturae**, v. 244, p. 193-200, 1989.

MONGE, R.; CHINCHILLA, M. Presence of *Cryptosporidium* oocysts in fresh vegetables. **Journal of Food Protection**, v. 59, n. 2, p. 202-203, 1996.

MORRIS, L. L. Chilling injury of horticultural crops: an overview. **HortScience**, v. 17, p. 161-162. 1982.

NGUYEN-THE, C.; CARLIN, F. The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 34, p. 371-401, 1994.

PANGARIBUAN, D. H.; IRVING, D. E.; O'HARE, T. J. 1-Methylcyclopropene delays softening in tomato slices. In: AUSTRALASIAN POSTHARVEST HORTICULTURE CONFERENCE, 2003. Brisbane. **Proceedings...** Brisbane, Australia: University of Queensland, 2003a. v. 1, p. 169-170.

PANGARIBUAN, D. H.; IRVING, D. E.; O'HARE, T. J. 2003b. Effect of an ethylene absorbent on quality of tomato slices. AUSTRALASIAN POSTHARVEST HORTICULTURE CONF., 2003. Brisbane. **Proceedings...** Brisbane, Australia: University of Queensland, 2003a. v. 1, p. 169-170.

PIROVANI, M.; GÜEMES, R.; PIAGENTINI, A.; Y PENTIMA, J. Storage quality of minimally processed cabbage in plastic films. **Journal of Food Quality**, v. 20, n. 5, p. 381-389, 1997.

PRESSEY, R. Enzymes in fruit softening. **American Chemical Society Symposium Series**, v. 47, p. 172-191, 1977.

SCOTT, J. W. Fla. 7946 tomato breeding line resistant to *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* races 1, 2, and 3. **HortScience**, v. 39, n. 2, p. 440-441, 2004.

SCOTT, J. W. Observations indicate epitasis of nipple tip gene *n-2* over *n-4*. **Tomato Genetics Cooperative Report**. Naples, Florida, v. 54, p. 41-42. 2004.

SHEWFELT, R. L.; THAI, C. N.; DAVIS, J. W. Prediction of changes in color of tomatoes during ripening at different constant temperatures. **Journal of Food Science**, v. 53, n. 5, p. 1433-1437, 1988.

SHI, J.; MAGUER, M.; MAGUER, M. Lycopene in tomatoes: chemical and physical properties affected by food processing. **Critical Reviews in Biotechnology**, v. 20, n. 4, p. 293-334, 2000.

SOMMER, N. F.; FORTLAGE, R. J.; EDWARDS, D. C. Postharvest diseases of selected commodities. In: KADER, A. A. **Postharvest technology of horticultural crops**. 3rd ed., Oakland: University of California, 2002. p. 197-249.

TAMPLIN, M. *Salmonella* and cantaloupes. **Dairy Food Environmental Sanitation**, v. 17, p. 284-286, 1997.

THEOLOGIS, A.; LATIES, G. G. Membrane lipid breakdown in relation to the wound-induced cyanide resistant respiration in tissue slices. **Plant Physiology**, v. 66, p. 890-896, 1980.

THOMPSON, J. E.; LEGGE, R. L.; BARBER, R. F. The role of free radicals in senescence and wounding. **New Phytology**, v. 105, p. 317-34, 1987.

USDA – UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Vegetables and melons outlook, VGS-295**. Electronic outlook report from the economic

research service. Disponível em: <www.ers.usda.gov>. Acesso em: dez. 2003).

WATADA, A. E.; ABE, K.; YAMUCHI, N. Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. **Food Technology**, v. 44, p. 116-122, 1990.

WATADA, A. E.; KO, N. P.; MINOTT, D. A. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. **Postharvest Biology and Technology**, v. 9, p. 115-125, 1996.

WATADA, A. E.; QI, L. Quality of fresh-cut produce. **Postharvest Biology and Technology**, v. 15, p. 201-205, 1999.

WU, T.; ABBOT, J. A. Firmness and force relaxation characteristics of tomatoes stored intact or as slices. **Postharvest Biology and Technology**, v. 24, p. 59-68, 2002.

YILDIZ, F. Preparación inicial, manipulación y distribución de frutas y hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas. In: WILEY, R. C. (Ed.). **Frutas y hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas**. Cartagena: Acribia. 1997. cap. 2, p. 15-64.

ZAGORY, D.; KADER, A. A. Modified atmosphere packaging of fresh produce. **Food Technology**, v. 42, n. 9, p. 70-76, 1988.

