

ROSANA MENDES ROVERSI

**INFLUÊNCIA DA ATMOSFERA MODIFICADA NA CONSERVAÇÃO
DE ALFACE CRESPA (*Lactuca sativa L.*, cv. Verônica)
MINIMAMENTE PROCESSADA**

Dissertação apresentada como requisito parcial
à obtenção do grau de Mestre em Tecnologia de
Alimentos, Programa de Pós-Graduação em
Tecnologia de Alimentos, Setor de Tecnologia,
Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Maria Lucia Masson

CURITIBA

2002

Roversi, Rosana Mendes

Influência da atmosfera modificada na conservação de alface
crespa (*Lactuca sativa L.*, cv. 'Verônica) minimamente processada /
Rosana Mendes Roversi.— Curitiba, 2002.

xii, 82 f. : il.; grafos.; tabs.

Orientador: Maria Lucia Masson

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor
de Tecnologia.

1. Alface - Conservação. 2. Alface - Processamento. I. Masson,
Maria Lucia. II. Título.

TERMO LIVRE: Atmosfera modificada.

CDD 20. 664.8

ROSANA MENDES ROVERSI

"INFLUÊNCIA DA ATMOSFERA MODIFICADA NA CONSERVAÇÃO DE ALFACE CRESPA (*Lactuca Sativa cv.* *Verônica*) MINIMAMENTE PROCESSADA"

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos professores:

Orientador:

Maria Lucia Masson

Profª. Drª. MARIA LUCIA MASSON
Setor de Tecnologia, UFPR

Sandro Campos Amico.

Prof. Dr. SANDRO CAMPOS AMICO
Setor de Tecnologia, UFPR

Agnes de Paula Scheer

Profª. Drª. AGNES DE PAULA SCHEER
Setor de Tecnologia, UFPR

Curitiba, 16 de Agosto de 2002

AGRADECIMENTOS

Meu especial agradecimento ao apoio do corpo docente e funcionários do curso de Pós-graduação em Tecnologia de Alimentos da UFPR, em especial aos professores doutores Renato João Socella e Nina Waszczynskyj pelo apoio recebido através da viabilização de recursos, bem como a professora Maria Lucia Masson, pela orientação desse trabalho.

Ao Dr. Carlos Ricardo Soccoll, por ter cedido o equipamento e o laboratório para realização da respirometria, bem como a doutoranda Adriane B. Pedroni Medeiros pela orientação e acompanhamento dos ensaios.

Ao CEPPA, que realizou as análises microbiológicas mediante a prestatividade dos responsáveis pelo setor: Marcia Regina Beux e o saudoso professor Gabriel Adolfo Guimarães.

À empresa AGA – S.A., em especial ao Sr. Paulo Hansen e à equipe técnica responsável pelo setor de Alimentos, que facilitaram recursos para a realização dos experimentos inerentes a esse trabalho, sem os quais não o teríamos concluído com a eficiência necessária.

As empresas ENVASE, PROBAG E DIXIE-ITAP, que gentilmente cederam embalagens para os experimentos realizados.

Aos meus colegas de trabalho que atuaram diretamente na avaliação sensorial dos produtos.

Dedico esse trabalho à minha família, em especial ao meu esposo Vanderlei e à minha filha Lais que sempre me incentivaram a recomeçar.

EPÍGRAFE

Acreditar...

“Creio em mim mesmo.

Creio nos que trabalham comigo, creio nos meus amigos e creio na minha família.

Creio que Deus me emprestará tudo que necessito para triunfar, contanto que eu me esforce para alcançar com meios lícitos e honestos.

Creio nas orações e nunca fecharei meus olhos para dormir, sem pedir antes a devida orientação a fim de ser paciente com os outros e tolerante com os que não acreditam como eu acredito.

Creio que o triunfo é resultado de esforço inteligente, que não depende da sorte, da magia, de amigos, companheiros duvidosos ou de meu chefe.

Creio que tirarei da vida exatamente o que nela colocar.

Serei cauteloso quando tratar os outros, como quero que eles sejam comigo.

Não caluniarei aqueles que não gosto.

Não diminuirei meu trabalho por ver que os outros o fazem.

Prestarei o melhor serviço de que sou capaz, porque jurei a mim mesmo triunfar na vida, e sei que o triunfo é sempre resultado do esforço consciente e eficaz.

Finalmente, perdoarei os que me ofendem, porque comprehendo que às vezes ofendo os outros e necessito de perdão.”

(Mahatma Gandhi)

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE QUADROS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	ix
RESUMO.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1 PROCESSAMENTO MÍNIMO.....	5
2.1.1 Vegetais Minimamente Processados.....	5
2.1.2 Matéria-prima.....	5
2.1.2.1 Respiração vegetal.....	6
2.1.2.2 Influência da temperatura.....	8
2.1.3 Processamento.....	10
2.1.3.1 Redução de tamanho ou cortes.....	12
2.2 ATMOSFERA MODIFICADA.....	14
2.2.1 Benefícios da Atmosfera Modificada.....	15
2.2.2 Efeito da Redução da Concentração de Oxigênio.....	17
2.2.3 Efeito da Alta Concentração de CO ₂	17
2.2.4 Criação e Manutenção de Atmosferas.....	19
2.2.4.1 Modificação ativa.....	19
2.2.4.2 Modificação passiva.....	20
2.3 EMBALAGEM.....	20
2.3.1 Filmes Poliméricos.....	22
2.3.2 Permeabilidade do Filme.....	23
2.3.3 Filme Plástico Flexível para Atmosfera Modificada.....	24
2.3.4 Modelo Matemático para Definir as Características do Envase.....	25
2.4 ALTERAÇÕES DE QUALIDADE DOS PRODUTOS MP.....	27
2.4.1 Análise Sensorial.....	28
2.4.2 Alterações Microbiológicas.....	30
2.4.3 Alterações Enzimáticas.....	32

3 MATERIAL E MÉTODOS.....	34
3.1 MATERIAL.....	34
3.1.1 Matéria-prima.....	34
3.1.2 Filmes Plásticos Flexíveis.....	35
3.1.2.1 Características físicas dos filmes testados.....	35
3.1.3 Gases para Atmosfera Modificada.....	36
3.1.4 Equipamentos.....	37
3.2 MÉTODOS.....	37
3.2.1 Planejamento Experimental.....	37
3.2.2 Descrição do Processo.....	38
3.2.3 Avaliações.....	40
3.2.3.1 Respirometria.....	40
3.2.3.2 Análise da concentração dos gases no interior das embalagens.....	43
3.2.3.3 Análise sensorial.....	43
3.2.3.4 Análise microbiológica.....	46
3.2.3.5 Análise de sólidos solúveis e pH.....	46
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
4.1 AVALIAÇÃO DE DIFERENTES FILMES.....	47
4.1.1 Variação da Composição da Atmosfera no Interior da Embalagem.....	47
4.1.2 Aspectos Sensoriais dos Produtos Embalados.....	51
4.2 EFEITO DA ATMOSFERA MODIFICADA NO FILME PECD60.....	53
4.2.1 Alface Crespa com Folhas Inteiras.....	53
4.2.1.1 Variação da composição da atmosfera no interior da embalagem.....	53
4.2.1.2 Aspectos sensoriais dos produtos embalados.....	55
4.2.1.3 Aspectos microbiológicos dos produtos embalados.....	57
4.2.1.4 Determinação de sólidos solúveis e pH.....	58
4.2.2 Alface Crespa com Folhas Picadas.....	59
4.2.2.1 Variação da composição da atmosfera no interior do pacote.....	59
4.2.2.2 Aspectos sensoriais da alface crespa picada.....	61
4.2.2.3 Determinação de sólidos solúveis e pH.....	63
4.3 RESPIROMETRIA.....	64
5 CONCLUSÃO.....	66

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	68
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	69
APÊNDICE.....	78

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – EFEITO DA TEMPERATURA E TEMPO DE ARMAZENAMENTO NA QUALIDADE (APARÊNCIA) DA ALFACE.....	10
FIGURA 2 – ESQUEMA GERAL DE PREPARAÇÃO DE VEGETAIS MINIMAMENTE PROCESSADOS.....	13
FIGURA 3 – “LACTUCA SATIVA” – ALFACE CRESPA CULTIVAR VERÔNICA	34
FIGURA 4 – ESQUEMA DO PROCESSAMENTO MÍNIMO APLICADO.....	39
FIGURA 5 – FOLHAS INTEIRAS EMBALADAS EM SACOS PLÁSTICOS COM INJEÇÃO DE GÁS.....	40
FIGURA 6 – COLUNAS DE PET COM ALFACE CRESPA.....	41
FIGURA 7 – CONJUNTO DE RESPIRAÇÃO: COLUNAS DE PET ¹ -COLUNAS DE DISSECAÇÃO ² - CROMATÓGRAFO ³	42
FIGURA 8 – ALFACE CRESPA FOLHA INTEIRA PARA ANÁLISE SENSORIAL.....	45
FIGURA 9 – ALFACE PICADA PARA ANÁLISE SENSORIAL.....	45
FIGURA 10 – VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE OXIGÊNIO NO INTERIOR DAS EMBALAGENS.....	48
FIGURA 11 – VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE GÁS CARBÔNICO NO INTERIOR DAS EMBALAGENS.....	49
FIGURA 12 – VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE O ₂ NO FILME PEBD100...	50
FIGURA 13 – VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE CO ₂ NO FILME PEBD100	50
FIGURA 14 – VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE OXIGÊNIO NA EMBALAGEM PEBD60.....	54
FIGURA 15 – VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE CO ₂ NA EMBALAGEM PEBD60.....	54
FIGURA 16 – VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE O ₂ E CO ₂ NOS FILMES PEBD60 COM ALFACE PICADA.....	60
FIGURA 17 – VARIAÇÃO DE O ₂ E CO ₂ EM ALFACE MP COM FOLHAS INTEIRAS E PICADAS EM ATM2.....	61

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – ENZIMAS RELACIONADAS COM A QUALIDADE DOS ALIMENTOS.....	32
QUADRO 2 – ESCALA HEDONICA AFETIVA NUMÉRICA.....	44

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – VOLUME DE ALFACE COMERCIALIZADA NO CEASA-PR NO ANO DE 2000.....	3
TABELA 2 – CLASSIFICAÇÃO DOS VEGETAIS DE ACORDO COM A SUA INTENSIDADE RESPIRATÓRIA.....	8
TABELA 3 – EFEITO DO CORTE DE VEGETAIS NA VELOCIDADE DE RESPIRAÇÃO.....	12
TABELA 4 – CARACTERÍSTICAS DE PERMEABILIDADE DOS PRINCIPAIS FILMES PLÁSTICOS UTILIZADOS NO ENVASE EM MA DE PRODUTOS FRESCOS (T: 20-25° C).....	25
TABELA 5 – CRITÉRIOS MICROBIOLÓGICOS PARA VEGETAIS PRONTOS PARA CONSUMO.....	31
TABELA 6 – PADRÕES MICROBIOLÓGICOS PARA PRODUTOS MP.....	32
TABELA 7 – TAXA DE PERMEABILIDADE AO O ₂ (TP _{O₂}) E AO CO ₂ (TP _{CO₂})	36
TABELA 8 – ESPESSURA TOTAL DOS FILMES.....	36
TABELA 9 – MISTURAS GASOSAS APlicadas nos TESTES.....	36
TABELA 10 – TEMPO DE RETENÇÃO DOS GASES MONITORADOS.....	42
TABELA 11 – ANÁLISE SENSORIAL DA ALFACE CRESPA MP ARMAZENADA EM FILMES FLEXÍVEIS A 5° C.....	52
TABELA 12 – AVALIAÇÃO SENSORIAL DA ALFACE CRESPA ARMAZENADA EM FILME PEBD60 DURANTE A VIDA ÚTIL.....	55
TABELA 13 – CONTAGEM TOTAL DE BACTÉRIAS MESÓFILAS EM ALFACE CRESPA FOLHA INTEIRA.....	57
TABELA 14 – CONTAGEM TOTAL DE FUNGOS EM ALFACE CRESPA FOLHA INTEIRA.....	57
TABELA 15 – SÓLIDOS SOLÚVEIS (°B) E pH DA ALFACE FOLHA INTEIRA....	59
TABELA 16 – AVALIAÇÃO SENSORIAL DA ALFACE PICADA ARMAZENADA EM FILME PEBD60 DURANTE A VIDA ÚTIL.....	62
TABELA 17 – SÓLIDOS SOLÚVEIS (°B) E pH DA ALFACE PICADA.....	64
TABELA 18 – TAXA DE RESPIRAÇÃO DA ALFACE CRESPA FOLHA INTEIRA E PICADA E DA ALFACE AMERICANA PICADA.....	65
TABELA 19 – VARIAÇÃO DO OXIGÊNIO NO INTERIOR DAS EMBALAGENS DE ALFACE COM FOLHAS INTEIRAS EM DIFERENTES FILMES.....	79
TABELA 20 – VARIAÇÃO DO CO ₂ NO INTERIOR DAS EMBALAGENS DE ALFACE MP COM FOLHAS INTEIRAS EM DIFERENTES FILMES.....	79

TABELA 21 – VARIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GASOSA NO INTERIOR DA EMBALAGEM DE ALFACE CRESPA FOLHA INTEIRA EM FILME PEBD60.....	79
TABELA 22 – VARIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GASOSA NO INTERIOR DA EMBALAGEM DE ALFACE CRESPA PICADA EMBALADA EM FILME PEBD60 EM ATM2.....	80

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC	atmosfera controlada
ADQ	Análise Descritiva Qualitativa
AM	atmosfera modificada
ATC	atmosfera controlada
ATM/atm	atmosfera
ATP	adenosina trifosfato
BS	brown stain (pontos escuros)
BOPP-PEBD	polipropileno biorientado – polietileno de baixa densidade
°B	graus Brix
CEASA - PR	Central de Abastecimento do Estado do Paraná
CETEA	Centro de Tecnologia de Embalagens
CNTP	condições normais de temperatura e pressão
CO	monóxido de carbono
CO ₂	dióxido de carbono (gás carbônico)
CV	coeficiente de variação
DIC	delineamento inteiramente casualizado
DITEC	Divisão Técnica do CEASA/PR
DP	desvio padrão
EAM	embalagem para atmosfera modificada
E.E.F.	escurecimento enzimático das folhas
E.E.H.	escurecimento enzimático da haste central
EAM	embalagem de atmosfera modificada
EMP	Embden-Meyerhof-Parnas

EVA	acetato de vinil-etileno
GTR	taxa de transmissão de gases através da embalagem
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ITAL	Instituto de Tecnologia de Alimentos
IV	intervalo de variação
kg·h	quilograma-hora
mg	miligrama
MgO	óxido de magnésio
min	minuto
mL	mililitro
mm	milímetro
MP	minimamente processada
N ₂	nitrogênio (gás)
O ₂	oxigênio (gás)
Pa	Pascal
PCA	padrão para contagem total para aeróbios
PE	pectinesterase
PEAD	polietileno de alta densidade
PEBD	polietileno de baixa densidade
PEMD	polietileno de média densidade
PET	garrafas de poli(tereftalato de etileno)
PFO	polifenoloxidase
PG	poligalacturonase
PO	peroxidase
POF	Pesquisa de Orçamentos Familiares
PP	polipropileno
ppm	partes por milhão
PS	poliestireno
PVC	poli(cloreto de vinila)
Q ₁₀	coeficiente de temperatura
R ²	coeficiente de correlação
RMP	refrigerado minimamente processado
rpm	rotações por minuto

SB	senescence browning (escurecimento marrom)
T	temperatura
TP	taxa de permeabilidade
UFC/g	unidade formadora de colônia por grama
UR	umidade relativa
μL	microlitro
μm	micron

RESUMO

O desenvolvimento de uma nova categoria de produtos - vegetais minimamente processados, implica na necessidade de estudos direcionados para se conhecer e controlar as alterações sofridas durante a vida-útil. Os consumidores desses produtos buscam qualidade quanto aos aspectos sensoriais e nutricionais além da conveniência e praticidade. São necessários conhecimentos de boas práticas de manipulação no processamento mínimo e de aplicação de tecnologia para conservação de forma a se preservar as características de frescor dos produtos durante o armazenamento. A complexidade de espécies, variedades e cultivares de vegetais existentes e suas respectivas diferenças metabólicas implicam na necessidade de estudos particularizados. Nesse sentido buscou-se estudar as alterações fisiológicas da hortaliça mais consumida no Estado do Paraná que é a alface crespa, cultivar Verônica, produzida na região metropolitana de Curitiba. A hortaliça foi submetida ao processamento mínimo, com dois tipos de produto final - folhas inteiras e cortadas. Para conservação dos produtos utilizou-se refrigeração e modificação da atmosfera no interior da embalagem, processo conhecido como envase em atmosfera modificada. Primeiramente selecionou-se o tipo do filme mais adequado ao produto dentre aqueles disponíveis comercialmente e indicados pelos fornecedores de embalagem para embalar vegetais minimamente processados. Com a embalagem definida, aplicaram-se diferentes concentrações de atmosfera nas embalagens. Analisou-se a evolução da concentração dos gases (O_2 e CO_2) no interior das embalagens e o comportamento dos produtos quanto aos aspectos sensoriais e microbiológicos durante o armazenamento. Buscou-se com isso estimar a vida-útil da alface minimamente processada com e sem alteração da atmosfera. Os produtos envasados sob atmosfera modificada de 5% de O_2 e 15% de CO_2 apresentaram em média cinco dias de acréscimo na vida-útil.

ABSTRACT

The development of a new product category: the minimally processed foods created the necessity of studies in order to know and to control the changes during the shelf life. The consumers of these products expect sensorial and nutritional quality besides convenience and practicality. The minimal process and the conservation technology require knowledge of good manufacturing practices in order to keep the freshness characteristics during storage. The complexity of species, varieties and cultivars of existent vegetables and their respective metabolic differences demand specific studies. In that direction it was studied the behavior of the most consumed vegetable in the Parana State - the crisphead lettuce, Verônica cultivar, produced in the metropolitan area of Curitiba. The vegetable was conducted to the minimum process and two types of products were obtained: whole leaves and cut leaves. The product conservation was maintained by refrigerated storage and modified atmosphere technology applied through gas injection in to the package. First of all the package film was selected between the ones commercially available and suitable for vegetal packaging. For the selected film, modified atmospheres were applied in order to evaluate different gas concentrations on product conservation. The gas concentration evolution (O_2 and CO_2) was analyzed inside the packages and the sensorial and microbiological products aspects was evaluated during the storage time. The study attempted to establish the minimally processed lettuce shelf life with and without the use of modified atmosphere. Considering the products packaged in ambient atmosphere, the use of modified atmosphere packaging (5% O_2 and 15% CO_2) increased in five days the products shelf life.

1 INTRODUÇÃO

A busca por praticidade e qualidade, pré-requisitos da vida moderna, abre espaço para um novo conceito de produtos - os minimamente processados, em resposta a forte demanda do consumidor, tanto individual como institucional, por alimentos de conveniência, de alta qualidade e semelhantes aos frescos. As frutas e hortaliças refrigeradas minimamente processadas (RMP) constituem, dentro dessa categoria de alimentos, uma classe que está se desenvolvendo de forma rápida e importante.

Grande parte desse desenvolvimento tem se concentrado na Europa Ocidental, Japão e EUA, (FOX, 1995; WILEY, 1997). No Brasil a procura por alimentos de conveniência tem aumentado significativamente nos últimos dez anos. A Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF), do IBGE, comparou o consumo per capita anual de alimentos entre as famílias de 11 municípios do Brasil, entre 1987 e 1996. Nessa pesquisa, as categorias que apresentaram maior crescimento foram justamente aquelas relacionadas à praticidade e facilidade no preparo de alimentos (PINHEIRO, 2000). Assim, a atividade agro-industrial tem se desenvolvido nos últimos vinte anos em grandes centros como São Paulo e nos últimos dez anos no Distrito Federal. Atualmente a categoria de vegetais minimamente processados desponta como uma opção de produto nas prateleiras dos supermercados e no mercado institucional (cadeias de "fast-food", cozinhas industriais e restaurantes) das principais cidades brasileiras e vem crescendo continuamente devido ao aumento de procura por refeições fora de casa (LUENGO, 1997; NASCIMENTO et al., 2000).

As frutas e hortaliças minimamente processadas são aquelas preparadas mediante uma ou várias operações unitárias apropriadas, tais como, pelagem, corte em rodelas, fragmentação e obtenção de suco, associadas a um tratamento parcial de conservação não definitivo que pode incluir um aquecimento, conservantes ou radiação (YILDIZ, 1997). Os produtos são fracionados e envasados em filmes flexíveis visando atender o mercado tanto institucional como o varejo, variando o tamanho das porções. O filme exerce a função de proteção contra a perda de água e de promover ou manter as condições de atmosfera ao redor do produto, devendo

respeitar as trocas gasosas devido aos processos biológicos (ZAGORY e KADER, 1988; KADER, ZAGORY e KERBEL, 1989).

Os produtos minimamente processados são mais perecíveis do que os "in natura", devido aos danos causados aos tecidos como resultado das operações de corte, fatiamento ou descascamento, o que os torna mais sensíveis à deterioração devendo ser rigidamente seguidas as condições ideais de manipulação e armazenagem (WILEY, 1997; CHITARRA, 1998; SARGENT, 1999).

Entende-se por vida-útil o tempo em que os produtos mantêm suas características físico-químicas, nutricionais e sensoriais adequadas ao consumo. A extensão da vida-útil, através da modificação da atmosfera ao redor dos produtos associada a armazenamentos em temperaturas de refrigeração tem sido o alvo de pesquisas nas ultimas décadas devido a preocupação em aumentar a disponibilidade dos vegetais "in natura" de conveniência, porém mais sensíveis a alterações fisiológicas e ao rápido envelhecimento (KRAMER, 1980; SHEWFELT, 1986). O princípio de ação da redução do teor de oxigênio e aumento do gás carbônico aliados a baixas temperaturas fundamenta-se na redução de elementos imprescindíveis do processo de respiração provocando a redução das velocidades das reações biológicas envolvidas que são por sua vez, responsáveis pelo envelhecimento dos tecidos celulares – que é conhecido por senescênci. Esse envelhecimento provoca a deterioração dos vegetais tornando-os impróprios ao consumo (KADER, 1986; WILEY, 1997).

As hortaliças não são idênticas nos seus processos biológicos vitais, ou seja, apresentam variações quanto às velocidades de respiração e transpiração (perda de água) entre as diferentes variedades de uma mesma espécie, de forma que os parâmetros de processo, conservação e especificação de embalagem devem ser particulares a cada variedade, o que exige estudos variados e específicos (HAMZA et al., 1996; WILLEY, 1997; KADER, 1986 e KADER, ZAGORY e KERBEL, 1989).

Dentre as hortaliças comercializadas no CEASA-PR, o conjunto de espécies de alface representa cerca de 42% do total de folhosas, sendo que o tipo "crespa" é responsável por cerca de 37% desse total (Tabela 1).

TABELA 1 - VOLUME DE ALFACE COMERCIALIZADA NO CEASA-PR NO ANO DE 2000

PRODUTO	VOLUME COMERCIALIZADO (kg)	(%)
Alface crespa	6.366.395	37,3
Alface lisa	649.945	3,80
Alface americana	138.620	0,81
Alface hidropônica	52.248	0,3
Total Alface	7.207.208	42
Outras folhosas ⁽¹⁾	9.797.241	58
Total folhosas	17.063.315	100,00

FONTE: Divisão Técnica do Ceasa-Pr – DITEC (APÊNDICE 3)

Embora muitos estudos tenham sido elaborados para alface variedade "Iceberg" ou Americana e "Romana" RMP's, não foram encontrados, na revisão bibliográfica realizada, estudos específicos sobre a conservação em atmosfera modificada ou mesmo dados referentes à taxa de respiração da alface tipo "crespa" variedade Verônica, consumida no Brasil em grande escala.

As embalagens desenvolvidas especialmente para a alface Americana atendem o perfil de respiração daquela hortaliça em particular ou de vegetais com o mesmo perfil de respiração.

As taxas de respiração podem se diferenciar de acordo com o tipo de vegetal, ou mesmo dentro de uma mesma variedade em diferentes regiões de cultivo devido à diversificação de constituição de solo, clima, sistema de adubação, grau de maturação e técnicas de colheita (PANTASTICO, 1975).

É necessário adequar essa taxa de produção de CO₂ e consumo de O₂ com a velocidade de transferência de massa desses gases através do filme de forma que o O₂ externo não entre para o interior da embalagem numa velocidade maior do que o consumo pela respiração e que o CO₂ produzido não seja rapidamente transferido para o exterior (KADER, ZAGORY e KERBEL, 1989; SCHILIMME e ROONEY, 1997).

Portanto a seleção do filme deve ser realizada para cada produto ou categorias de produtos vegetais que apresentem taxas de respiração semelhantes.

O objetivo principal desse trabalho foi processar minimamente a alface tipo crespa cultivar Verônica, estabelecer uma condição de atmosfera modificada no produto processado e embalado, e avaliar os benefícios que essa técnica de conservação proporciona à qualidade sensorial do vegetal durante o período de armazenamento que se estende da produção até o consumo final.

Os efeitos da AM foram observados através do monitoramento das concentrações de O₂ e CO₂ no interior da embalagem, de avaliações sensoriais, da determinação da carga microbiológica do produto (contagem total de bactérias mesófilas e fungos) e da determinação dos sólidos solúveis totais durante o armazenamento dos produtos

Determinou-se a taxa de respiração da alface minimamente processada, através de método cromatográfico, como um dado complementar na comparação da ação do processamento mínimo no metabolismo do vegetal.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PROCESSAMENTO MÍNIMO

2.1.1 Vegetais Minimamente Processados

As frutas e hortaliças minimamente processadas ou MP se destacam na categoria pela conveniência de preparo, e por essa razão estão se desenvolvendo rapidamente no mercado institucional e varejo.

Para ROLLE E CHIM (1987), o processamento mínimo inclui todas as operações tais como lavagem, classificação, pelagem e corte, que podem ser feitas antes do branqueamento, em uma linha de processamento convencional. Como não sofrem qualquer tipo de tratamento térmico, inclusive branqueamento (geralmente presente no congelamento de vegetais), são constituídos por tecidos vivos, que continuam apresentando o mecanismo da respiração.

Numa visão mais ampla, WILEY (1997) define que os vegetais MP são produtos que contém tecidos vivos ou que foram ligeiramente modificados do estado de fresco, mantendo sua natureza e qualidade. São preparados mediante uma ou várias operações unitárias apropriadas tais como pelagem, corte ou fragmentação, associadas a um tratamento parcial de conservação não definitivo que pode incluir o uso de conservadores, aquecimento mínimo ou irradiação. A conservação continua através de alguma forma de modificação da atmosfera, envase a vácuo e armazenamento a temperaturas reduzidas porém acima do ponto de congelamento durante a estocagem, distribuição, comercialização e preparo imediatamente antes do consumo. Dessa forma a refrigeração está sempre vinculada ao processo mínimo sendo a categoria vegetal referenciada pelo autor como Refrigerados Minimamente Processados ou RMP.

2.1.2 Matéria-prima

Da mesma forma que para vegetais convencionais ou inteiros, no processamento mínimo a qualidade da matéria-prima é essencial para que o produto final apresente o máximo de vida-útil quando mantidas as condições de processo e distribuição adequada.

Os cuidados na técnica de colheita minimizando injúrias mecânicas, o grau de maturidade adequado orientando a época da colheita, os cuidados com limpeza e sanitização e a manutenção de temperaturas e umidade relativa ideais durante o transporte e armazenamento antes do processo são os fatores principais que influem na manutenção da qualidade e consequentemente extensão da vida útil pós-colheita (CASTRO, 1982; SHEWLFEELT, 1987; KADER, ZAGORY e KERBEL, 1989; WILEY, 1997).

Com base nas características respiratórias antes do amadurecimento os vegetais podem ser classificados em climatérico e não climatéricos. Quando, no final da maturação há um aumento significativo de CO₂ indicando um aumento da taxa respiratória, são considerados climatéricos. Em alguns frutos como tomate e maçã o aumento da taxa respiratória ocorre tanto no fruto preso a planta como após a colheita. O pico climatérico marca a fase entre o amadurecimento e a senescência.

Os vegetais não climatéricos não apresentam o pico tardio (maturação) da respiração. Nesse caso, não apresentarão amadurecimento posterior a colheita devendo ser retirados da planta ao atingirem as características ótimas de consumo (CHITARRA e CHITARRA, 1990).

A alface é uma hortaliça não climatérica, isto é, apresentam um contínuo declínio na taxa de respiração em função do tempo devido a senescência ou envelhecimento natural dos tecidos celulares. Após a colheita não há qualquer período de desenvolvimento ou amadurecimento como ocorre nas hortaliças climatéricas. Deve ser colhido, portanto, quando a cabeça atinge um bom desenvolvimento, estando suas folhas tenras, sem indícios de florescimento. Colheita tardia resulta num produto amargo devido ao aumento do látex e enrijecimento das folhas (SIGRIST, 1982; CASTRO, 1982; CHITARRA e CHITARRA, 1990).

2.1.2.1 Respiração vegetal

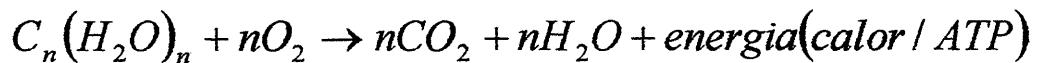
As hortaliças, assim como todos os vegetais, são organismos vivos que mantém sua atividade biológica mesmo após a colheita. Metabolizam as substâncias reservas acumuladas durante o seu desenvolvimento quando ligadas a planta-mãe através de reações bioquímicas transformando-as em energia, processo denominado de respiração e é basicamente similar à respiração do corpo humano,

porém ocorre por meio de trocas gasosas (SIGRIST, 1982; MODIFIED ATMOSPHERE PACKAGING, 2001).

A respiração é o processo fisiológico pós-colheita mais importante nos vegetais. Nesse processo ocorre a transformação, via oxidação, das substâncias reservas dos tecidos celulares como carboidratos e ácidos orgânicos, em outras substâncias mais simples (CO_2 e H_2O) com produção de energia, calor e de outras moléculas que podem ser usadas pelas células na manutenção dos processos bioquímicos ou nas reações de síntese.

A respiração resulta em alterações profundas na constituição das substâncias que tomam parte ativa no processo, podendo ser indesejáveis do ponto de vista da qualidade pois podem levar rapidamente a senescência quando em condições não controladas. Altas taxas de respiração implicam em curto período de vida dos vegetais. O controle da respiração passa a ser a condição essencial para obtenção de condições adequadas de armazenamento dos produtos perecíveis.

A respiração pode ser representada pela fórmula geral:



O mecanismo da respiração é aeróbio quando na presença de oxigênio suficiente para realização da oxidação do ácido pirúvico no Ciclo de Krebs. Em níveis insuficientes ocorrerá a descarboxilação do ácido pirúvico com formação de acetaldeído, CO_2 e etanol que caracteriza um processo de anaerobiose. A respiração anaeróbica é também conhecida por fermentação (KADER, 1986; SIGRIST, 1982; CHITARRA e CHITARRA, 1990).

Na respiração anaeróbica ocorre uma rápida degeneração dos tecidos e consequentemente perda de qualidade, acúmulo de etanol e acetaldeído além do desenvolvimento de odores indesejáveis. Nessas condições a glucose se converte em piruvato via rota de Embden-Meyerhof-parnas (EMP). Na continuação o piruvato se metaboliza em acetaldeído e etanol (SCHLIMME E ROONEY, 1997) gerando os odores não característicos.

A concentração mínima requerida de oxigênio para que a respiração aeróbica ocorra é de 1-3%, porém varia segundo o tipo de produtos, da cultivar, do estágio de maturação e da qualidade inicial da matéria-prima (danos mecânicos e

cortes presentes) além das concentrações de O₂ e CO₂ do ambiente, da temperatura e da duração do tempo de exposição a tais condições (O'BEIRNE, 1990; ROLLE e CHISM III, 1987; KADER, 1986).

Submetendo-se o vegetal a níveis de O₂ abaixo ou de CO₂ acima dos respectivos limites de tolerância a uma determinada condição de tempo-temperatura tem-se o estresse dos tecido que se manifesta através de vários sintomas como amadurecimento irregular, desordens fisiológicas, desenvolvimento de "off flavors" e aumento da suscetibilidade à deterioração (KADER, 1986; KADER, ZAGORY e KERBEL, 1989).

A redução das taxas de respiração é essencial para o prolongamento da vida-útil após colheita pois diminui a taxa de utilização dos carboidratos, ácidos orgânicos e outras substâncias reservas do vegetal (KADER, 1986; YI WANG, 1990).

As taxas de respiração variam de acordo com as espécies vegetais e até mesmo entre diferentes tipos da mesma espécie. De acordo com O'BEIRNE (1990), tem-se a classificação de alguns tipos de vegetais de acordo com sua taxa respiratória (Tabela 2).

TABELA 2 - CLASSIFICAÇÃO DOS VEGETAIS DE ACORDO COM A SUA INTENSIDADE RESPIRATÓRIA

CLASSE	FAIXA A 5° C (mg CO ₂ /kg-h)	VEGETAIS
Muito baixa	< 5	Vegetais desidratados, nozes
Baixa	5 – 10	Cebola, batata, abóbora, alho, maçã, uva
Moderada	10 – 20	Couve, cenoura, alface, tomate, ameixa, pimentão, pimenta, cerejas, pêssego
Alta	20 – 40	Couve-flor, quiabo, morango, amora preta, framboesa
Muito alta	40 – 60	Alcachofra, vagem, couve de Bruxelas, cebola verde
Extremamente alta	> 60	Aspargos, brócolos, espinafre, cogumelos, milho doce, ervilhas

FONTE: O'BEIRNE, 1990.

2.1.2.2 Influência da temperatura

A maioria das reações metabólicas que provocam o desenvolvimento de microrganismos nos tecidos vegetais e as alterações fisiológicas é catalisada por

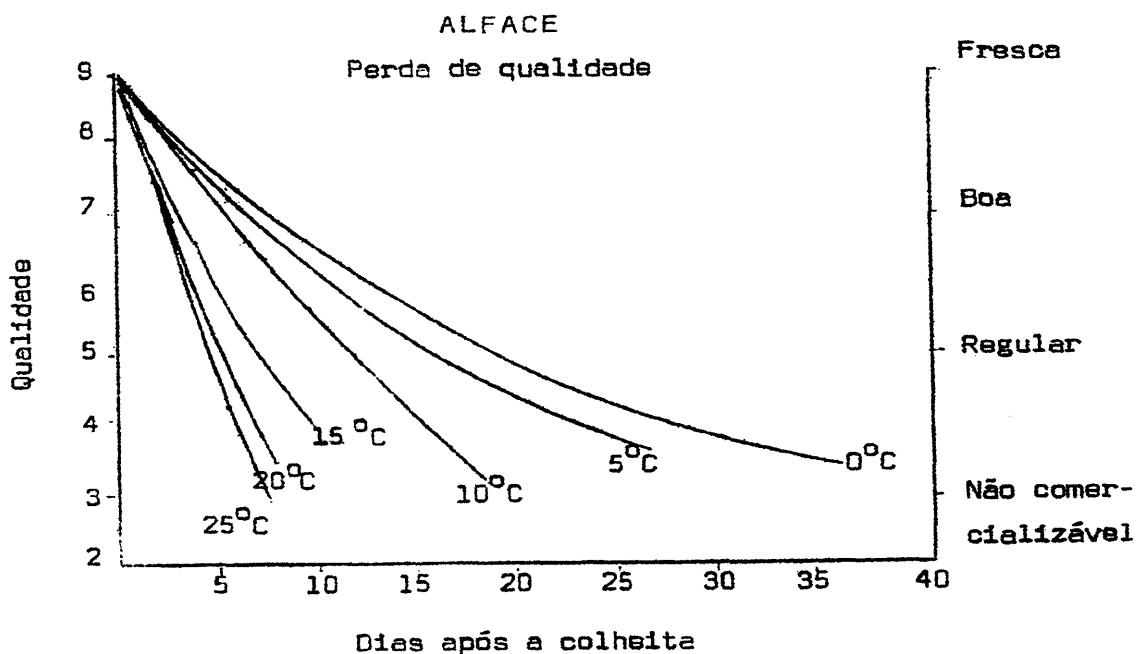
enzimas. A velocidade de reações catalisadas por enzimas está diretamente relacionada com as temperaturas de armazenamento a que os produtos estão sujeitos. Um aumento de 10° C acarreta uma duplicação na velocidade de reação das enzimas, sendo que a redução do mesmo gradiente também reduz da mesma forma a velocidade, fator conhecido como Q_{10} ou coeficiente de temperatura que expressa a velocidade de reação de uma transformação a uma determinada temperatura e outra 10° C mais baixa ou mais alta (WILEY, 1997; TEIXEIRA, 1993). Por essa razão, para cada 10° C de aumento na temperatura de armazenamento a taxa de respiração é bruscamente dobrada ou até triplicada (CANTWELL e SUSLOW, 2001; JOBLING, 2002a,c).

Os órgãos vegetais produzem energia na forma de calor, conhecido na área de tecnologia agrícola de “calor vital” que é uma outra fonte de calor além da temperatura ambiente. Sua produção está diretamente relacionada com a respiração sendo mais intenso nas primeiras 24 horas após a colheita. A vida de armazenamento varia inversamente com a taxa de evolução do calor produzido que deve ser retirado a fim de se promover a temperatura adequada a conservação do vegetal. Para isso faz-se necessário que seja realizado um pré-resfriamento imediatamente antes da colheita, retirando o “calor vital” ainda no campo e assim reduzindo imediatamente a respiração a níveis intermediários àqueles obtidos posteriormente no armazenamento refrigerado.

O processo de pré-resfriamento para hortaliças folhosas pode ser via pulverização ou imersão em água fria (“hidrocooling”) ou em câmaras frias (ar frio forçado) ou ainda submeter as hortaliças a um sistema de vácuo após umedecimento (“vacuum cooling”) (SIGRIST, 1982; CHITARRA e CHITARRA, 1990, JOBLING, 2002b). Segundo BOLLIN e HUXSOLL (1991), a temperatura é um dos fatores mais importantes na vida-útil da alface picada e de qualquer outro vegetal MP.

A influência da temperatura de armazenamento na velocidade de respiração é percebida através da manutenção por tempo mais prolongado da qualidade visual na alface submetida a temperaturas baixas (Figura 1) (PANTASTICO, 1975; SIGRIST, 1982).

FIGURA 1- EFEITO DA TEMPERATURA E DO TEMPO DE ARMAZENAMENTO NA QUALIDADE (APARÊNCIA) DA ALFACE



FONTE: SIGRIST, 1982.

2.1.3 Processamento

Ao chegar na planta de processamento os vegetais são pesados, selecionados e classificados sendo direcionados para a câmara fria ($T: 3-5^{\circ} C$) quando não processados imediatamente.

Segundo CHITARRA (1998) e NASCIMENTO et al. (2000), ao serem direcionadas para o processamento, passam pelas seguintes etapas:

- Lavagem:

Primeira lavagem manual em água corrente, para retirada das impurezas provenientes do campo e das unidades defeituosas. Nessa fase se retiram as folhas externas com defeitos e se efetua, quando necessário, algum corte inicial de raiz.

- Descascamento:

Essa etapa visa retirar a parte mais externa dos vegetais e pode ser manual ou mecânica de acordo com a resistência e formato do vegetal (tubérculos e raízes). As máquinas para essa finalidade operam por abrasão. Para hortaliças é realizado o corte da raiz, separando as folhas ou a "cabeça" que seguem para o processamento.

- Desinfecção:

Imersão em água clorada com 100 a 200 ppm de cloro residual por 10-15 minutos, com ou sem agitação. A partir dessa etapa é ideal que se opere com água refrigerada (4° C).

- Enxágüe:

Imersão em água potável para eliminar o excesso de cloro.

- Corte:

Importante para a aparência final do produto. Pode ser realizado por equipamentos tais como cubetadeiras para legumes ou cortadores de facas rotativas usadas para alface tipo americana. Indica-se manter as dimensões do corte doméstico. As facas devem estar bem afiadas para reduzir injúrias excessivas que aumentam a liberação de "suco".

- Lavagem dos produtos cortados:

Imersão em solução clorada (100-150 ppm) para remoção do conteúdo celular liberado durante o corte. Tempo de permanência de 2 a 3 minutos.

- Enxágüe:

Retirar o excesso de cloro em água potável.

- Centrifugação:

Objetiva retirar o excesso de água, sendo variáveis as condições de tempo e velocidade de rotação de acordo com o equipamento e com o tipo de vegetal.

- Envase:

As porções são pesadas e acondicionadas em sacos de filmes flexíveis ou em bandejas de PVC termoformadas envoltas em filme flexível. Essa operação pode ser realizada a vácuo ou em atmosfera modificada (AM).

- Armazenamento:

Os produtos embalados devem seguir imediatamente para câmara de refrigeração para armazenamento controlado a temperaturas de até 5° C.

Durante todo o processamento descrito acima, o produto final deve sempre ser manipulado sob baixas temperaturas. A legislação francesa que estabelece condições de processamento para vegetais MP de 1988, exigiu 4° C como temperatura máxima para vegetais MP (VAROQUAUX e WILEY, 1997).

BOLIN e HUXSOLL (1991) estudaram o efeito do processamento na qualidade de alface “Iceberg”. Eles concluíram que salada de alface cortada se mantém em boas condições de sabor, brilho e textura em até duas a quatro semanas quando se parte de uma matéria-prima de alta qualidade inicial e alguns fatores do processamento são observados: redução de pedaços através de facas afiadas ou por rasgos manuais, enxágüe para remoção de fluidos celulares liberados pelo corte, centrifugação até o ponto próximo a completa secagem, aplicação de vácuo e adição de CO para complementar a conservação e redução da temperatura de armazenamento até 1-2° C.

2.1.3.1 Redução de tamanho ou cortes

Os vegetais MP são produtos similares aos frescos, porém, as respostas fisiológicas dos tecidos vegetais quando sofrem algum tipo de processamento mínimo como cortes ou Trituração são acentuadas em relação aos tecidos intactos. A taxa de respiração aumenta consideravelmente após operações de cortes, e expõe o conteúdo celular pelo rompimento das células ocasionando uma maior suscetibilidade à oxidação enzimática e à contaminação microbiológica. O'BEIRNE (1990) comparou o volume de CO₂ produzido durante a respiração de vegetais inteiros e fracionados observando o efeito potencializador do metabolismo após o processamento ou corte (Tabela 3).

TABELA 3 - EFEITO DO CORTE DE VEGETAIS NA VELOCIDADE DE RESPIRAÇÃO

VEGETAIS	VELOCIDADE DE REAÇÃO (ml CO ₂ /kg/h)	
	10° C	20° C
Brócolos	Cabeça inteira	59
	Flores cortadas	78
	Inteira	9
Cenouras	Inteira descascada	12
	“Jullienne”	65

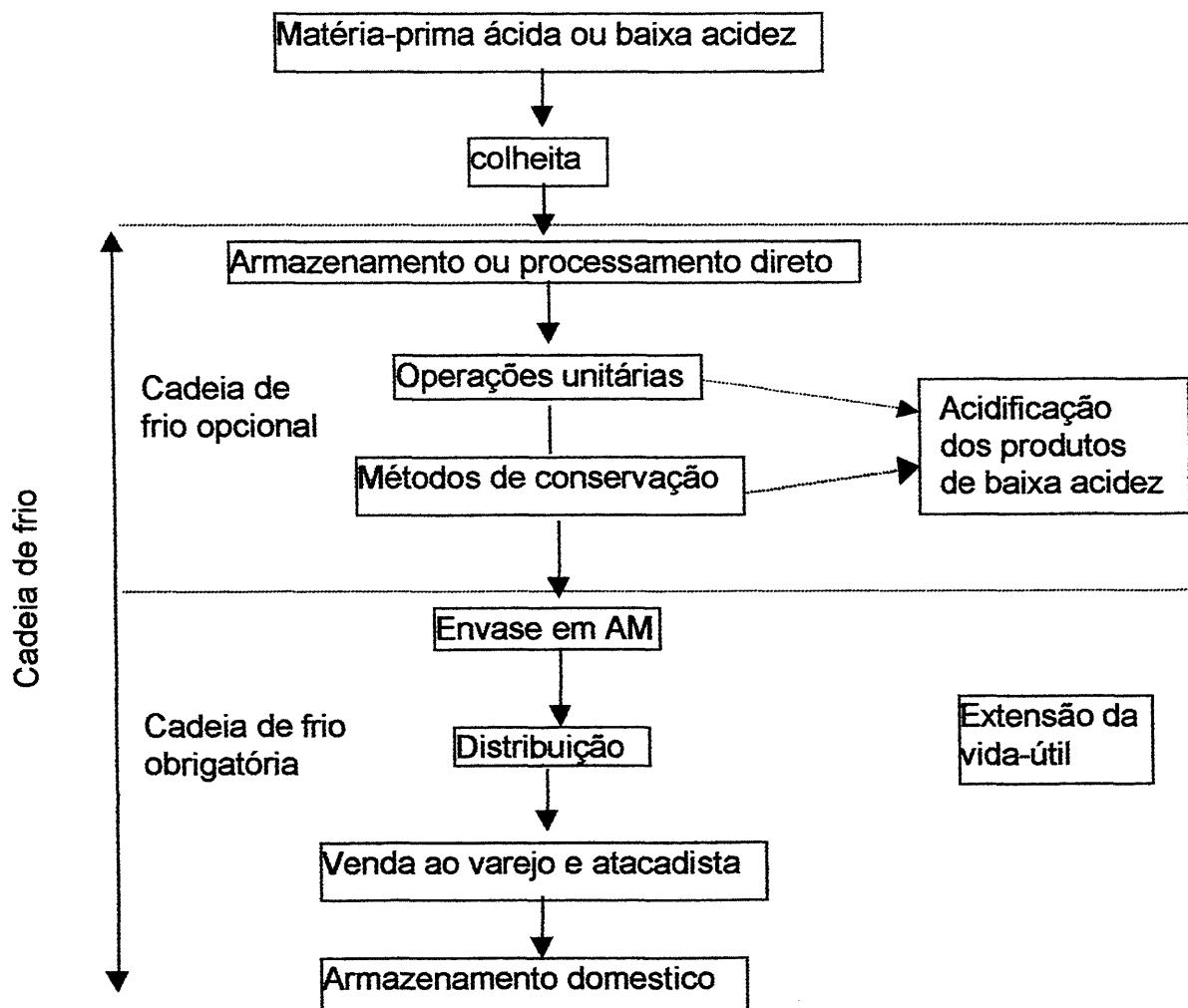
FONTE: O'BEIRNE, 1990.

BOLLIN e HUXSOLL (1991) compararam o nível de oxigênio no “headspace” de embalagens de alface inteira e picada tanto manual como mecanicamente e

concluíram que quanto menor os pedaços ou tiras de alface, mais rápida ocorre a metabolização do oxigênio pela respiração da alface.

Devido a essas condições peculiares dos MP, a refrigeração como redutora do metabolismo respiratório se torna imprescindível no processamento e armazenamento (O'BEIRNE, 1990; BOLIN e HUXSOLL, 1991; WILEY, 1997; YILDIZ, 1997). WILEY (1997) desenvolveu um fluxograma das operações unitárias para vegetais MP respeitando a necessidade do frio em todas as etapas do processamento (Figura 2).

FIGURA 2 - ESQUEMA GERAL DE PREPARAÇÃO DE VEGETAIS MINIMAMENTE PROCESSADOS



FONTE: WILEY, 1997.

Em comparação com os vegetais inteiros, o processamento mínimo reduz muito a vida-útil do vegetal, tornando obrigatória a refrigeração. Dessa forma, o termo Refrigerados Minimamente Processados - RMP tem sido aplicado quando se refere a essa categoria de produtos (BARRIGA, 1991; WILEY, 1997).

A aplicação de refrigeração na conservação de vegetais deve levar em conta a sensibilidade dos mesmos a baixas temperaturas, que difere segundo o tipo de produto, espécie, variedade e origem. Temperaturas muito baixas podem, ao contrário de serem benéficas, causar danos aos tecidos conhecidos como injúria pelo frio ou “chilling injury”, sendo que os vegetais de origem tropical são mais sensíveis a esse tipo de injúria (SIGRIST, 1982; JOBLING, 2002a). Segundo YI WANG (1990), os vegetais que apresentam esse fenômeno têm suas taxas de respiração aumentadas com a redução da temperatura ambiente.

Os sintomas de injúrias pelo frio são extensos, consistindo principalmente em alterações sensoriais como a falta de docura, aparecimento de manchas escuras ou ainda perda de integridade celular (PANTASTICO, 1975; CHITARRA e CHITARRA, 1990; JOBLING, 2002a). Segundo KADER (1986), a alface não apresenta sensibilidade ao frio, podendo ser armazenada a temperaturas de até 2°C.

2.2 ATMOSFERA MODIFICADA

A modificação da atmosfera ao redor do produto tem sido aplicada para complementar a refrigeração, principalmente em alimentos que apresentam sensibilidade a temperaturas reduzidas. Essa técnica existe desde 1920 (SMOCK 1979, citado por BRECHT, 1980; GORINI, ZERBINI e TESTONI, 1990) embora tenha sido inicialmente aplicada comercialmente apenas para transportes internacionais e em grande escala de frutas e hortaliças selecionadas, sendo mais utilizada na atualidade devido a redução dos custos operacionais resultantes do aprimoramento da tecnologia de aplicação de gases.

O termo Atmosfera Controlada ou AC significa monitorar e atuar diretamente na manutenção das concentrações de gases requeridas. Difere da Atmosfera Modificada ou AM pois esse processo implica na alteração inicial das concentrações gasosas com pouco ou nenhum controle subsequente.

O princípio da modificação da atmosfera baseia-se na redução dos níveis de oxigênio e aumento do gás carbônico de forma a se diminuir a taxa respiratória, e consequentemente o metabolismo respiratório que por sua vez reduz a utilização dos carboidratos, ácidos orgânicos e outras substâncias reservas levando ao prolongamento da vida do produto. Pode ainda ser obtida através da adição de um gás inibitório tais como CO₂ ou CO, embora esse último seja proibido pela legislação para uso em alimentos devido sua alta toxicidade ao homem (BRECHT, 1980; SHEWLFEELT, 1986; ZAGORY, 1988; YI WANG, 1990, BRODY, 1996, WILEY, 1997).

A atmosfera modificada é um processo integrado entre alimento, gás e embalagem, que ganha uma aplicação prática a partir do momento que passa a ser vista como um processo multidisciplinar, que utiliza princípios das ciências químicas, física, microbiologia de alimentos e química de polímeros (LIOUTAS, 1988; JOBLING, 2002d).

2.2.1 Benefícios da Atmosfera Modificada

Os componentes da atmosfera que regulam o processo respiratório e consequentemente a maturação dos frutos e hortaliças são o oxigênio e o gás carbônico presentes na atmosfera nas concentrações de aproximadamente 21 e 0,03%, respectivamente. De um modo geral, tanto a redução no teor de O₂ como o aumento na concentração de CO₂ reduzem a taxa de respiração (SHEWLFEELT, 1986).

Os benefícios da atmosfera controlada ou modificada resultam da redução da velocidade dos processos metabólicos inerentes da respiração do vegetal, retardando o amadurecimento, a senescência e as perdas de aceitabilidade associadas. Esses benefícios também estão relacionados com a redução da produção da síntese e da atividade do etileno. O etileno (CH₂=CH₂) é um produto do metabolismo da planta considerado um hormônio de maturação e envelhecimento em vegetais e é fisiologicamente ativo em quantidades iguais a 0,1 ppm. Do ponto de vista pós-colheita porém, seus efeitos são indesejáveis (SIGRIST, 1982; WATADA, 1986; BEAUDRY, 1998; JOBLING, 2002b). A diminuição da produção de etileno é desejada para se obter um envelhecimento mais lento e é alcançada

mediante a redução da respiração, já que é um produto resultante desse processo (PANTASTICO, 1975).

A efetividade da AM dependerá dos fatores combinados tais como: tipo de produto, cultivar, idade fisiológica, qualidade inicial, concentração de O₂ e CO₂, temperatura e duração da exposição a tais condições (O'BEIRNE, 1990).

Através da comparação entre os efeitos da AM nos vegetais MP (cortados e inteiros), ISENBERG (1979, citado em BRECHT, 1980) sugere que o efeito da atmosfera controlada no processo respiratório é mais dependente da morfologia da planta do que de seu sistema bioquímico. Produtos MP são mais tolerantes a altas concentrações de CO₂ e baixas de O₂ do que os inteiros devido a menor barreira a difusão de gases intracelulares. A maior exposição dos pedaços em relação as folhas inteiras facilita a dispersão do CO₂ do interior dos tecidos evitando que seu acúmulo provoque a substituição do mecanismo de respiração pela fermentação (MATEOS et al., 1993).

O sucesso da AM consiste em se manter o mais próximo do ponto ideal os níveis de O₂ e CO₂ para obter os efeitos benéficos sem exceder os limites de tolerância, os quais podem induzir às desordens fisiológicas. As concentrações ideais dependem do tipo de produto e das condições de processamento e armazenamento (BRECHT, 1980; KADER, ZAGORY e KERBEL, 1989).

Vários estudos têm sido realizados no intuito de se determinar os níveis mínimos e máximos de tolerância ao oxigênio e ao gás carbônico de forma a se alcançar o mínimo de metabolismo respiratório sem que a fermentação ocorra, evitar os efeitos negativos do CO₂ em altas concentrações e, ainda, obter um controle das alterações microbiológicas e enzimáticas (BRECHT, 1980; KADER, ZAGORY e KERBEL, 1989; HAMZA et al., 1996). Níveis de 5 a 10% de CO₂ diminuem a atividade respiratória, porém concentrações elevadas causam injúrias aos tecidos devido à substituição da respiração aeróbica por anaeróbica resultando no acúmulo de etanol e acetaldeído nos tecidos. Os efeitos de baixas concentrações de O₂ e de altos níveis de CO₂ são aditivos (PANTÁSTICO, 1975, KADER, 1986).

A concentração de O₂ deve ser menor que 8% para apresentar algum efeito na redução da maturação de vegetais, sendo que quanto menor a concentração, maior o efeito. O mínimo de 1-3% de O₂ é necessário para se manter a respiração aeróbica (KADER, 1986).

A alface (cabeça inteira) mantida nas condições ótimas de temperatura e umidade relativa de armazenagem, apresenta tolerância mínima de 2% de O₂ e máxima de 2% de CO₂, quando na mistura gasosa os demais componentes se encontram nas concentrações normais (KADER, ZAGORY e KERBEL, 1989). HAMZA et al. (1996), mostram que a alface Romana MP apresentou melhor conservação em níveis de até 1% de O₂ e 10% de CO₂.

De uma forma geral, utiliza-se uma faixa de 2-4% de O₂ e 3-10% de CO₂ em balanço com nitrogênio (inerte) para completar 100% (O'BEIRNE, 1990).

2.2.2 Efeito da Redução da Concentração de Oxigênio

Os efeitos de baixas concentrações de oxigênio sobre a senescência dos tecidos separados das plantas incluem:

- Redução da velocidade de respiração, resultado da diminuição da atividade de uma oxidase a qual apresenta de cinco a seis vezes menos afinidade ao oxigênio do que a citocromo oxidase.
- Redução na velocidade de maturação, relacionada com a redução da produção de etileno.
- Redução do aparecimento de manchas marrons nas folhas da alface denominadas “russet spotting”, desordem fisiológica causada pelo etileno, que tem sua biossíntese alterada na redução do oxigênio (YI WANG, 1990; BEAUDRY, 1999; JOBLING, 2002b).
- Controle da oxidação enzimática, quando em combinação com temperaturas de refrigeração (O'BEIRNE, 1990).

O insignificante efeito da baixa concentração de oxigênio no retardamento do escurecimento enzimático devido a enzima polifenoloxidase (PFO) segundo BURTON (1974), citado por HEIMDAL (1995), é devido a baixa afinidade dessa enzima por oxigênio. Esse efeito foi confirmado por HAMZA et al. (1996) em alface tratada com 1-2% de O₂ onde observou-se pouca alteração no desenvolvimento de fenóis nessas condições.

2.2.3 Efeito da Alta Concentração de CO₂

Elevadas concentrações de CO₂ também retardam a maturação dos tecidos e seu efeito é aditivo a redução de O₂. O mecanismo de ação do CO₂ sobre a

senescênciā não está claro, porém pode estar relacionado com a inibição do efeito do etileno na maturação dos tecidos.

O CO₂ é uma molécula metabolicamente ativa participante de numerosas reações de carboxilação. Suspeita-se que altas concentrações podem alterar o pH do citosol, afetando o metabolismo vegetal além da ação inibitória sobre a enzima ácido succínico desidrogenase provocando acúmulo de ácido succínico nos tecidos. Elevadas concentrações de CO₂ reduzem a respiração de vegetais e podem em níveis maiores de 20% induzir ao acúmulo de etanol e acetaldeído nos tecidos (KADER, 1986; KADER, ZAGORY e KERBEL, 1989; MATEOS et al., 1993; WILEY, 1997; BEAUDRY, 1999).

As respostas ao aumento de CO₂ são diferentes até entre cultivares de uma mesma variedade, dependendo das características intrínsecas de cada vegetal e da difusividade dos gases nos tecidos (KADER, 1989). Segundo LIPTON (1977), citado por BRECHT (1980) e HAMZA et al. (1996), alface de cabeça crespa apresentou sinais de escurecimento pontuais no meio da folha (pontos marrons) quando submetida a níveis maiores de 1% de CO₂, enquanto que a alface Romana pode tolerar até 12% devido a maior quantidade de tecidos brancos na primeira variedade.

O escurecimento pontual é uma lesão escura na superfície das folhas, apresentando uma área necrótica superficial, oval a irregular com margens que são sempre mais escuras do que os centros da lesão levemente encovados. Geralmente ocorrem nos cortes ou na porção basal da alface quando exposta a mais de 20% de CO₂ (MATEOS, CANTWELL e KADER, 1993; KADER et al., 1973). Tecidos brancos são mais suscetíveis ao CO₂ do que o tecido verde (HAMZA et al., 1996). A desordem fisiológica que aumenta a lesão mencionada está relacionada com a ação da fenilalanina amônia liase e polifenoloxidase sob concentrações de 15% de CO₂ (YI WANG, 1990).

Segundo HAMZA et al. (1996), a concentração ideal de O₂ e CO₂ para alface Romana RMP é de no mínimo 1% e no máximo 10%, respectivamente, alcançando uma vida-útil de dezesseis dias. Nesse experimento observou-se o efeito benéfico anti-enzimático do CO₂ na redução do teor de compostos fenólicos provenientes da ação da enzima polifenoloxidase, comprovado por MATEOS, CANTWELL e KADER (1993), quando esses autores submeteram a alface Romana e crespa dos cultivares "Salinas" e "Vanguard", respectivamente, cabeças inteiras e picadas à diferentes

concentrações de CO₂ (ar, 5, 10 e 20%) e observaram que o aumento na produção de etanol e acetaldeído foi sentido apenas na concentração de 20% de CO₂ sendo que na alface picada o teor produzido foi de 50% a menos do que o da alface inteira. Por outro lado, o processo mínimo induziu a danos que catalisaram a ação enzimática e favoreceram o escurecimento devido a senescência.

2.2.4 Criação e Manutenção de Atmosferas

2.2.4.1 Modificação ativa

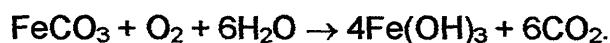
No caso de modificação ativa, a atmosfera pode ser obtida por meio da substituição do ar por uma composição gasosa previamente estabelecida efetuando-se previamente o vácuo no interior da embalagem.

Insuflar nova composição gasosa é adequado a produtos com taxas de respiração relativamente baixas, particularmente onde a reação escurecimento enzimático deve ser controlada (exemplo: alface picada), (BALLANTYNE, 1988; O'BEIRNE, 1990).

A alteração da atmosfera também pode ser obtida pela ação química de substâncias absorvedoras de oxigênio, gás carbônico e de etileno. A maioria dos absorvedores comerciais existentes utiliza ferro em pó como ingrediente ativo. Geralmente aplica-se o FeO em pó que se transforma em Fe₂O₃, Fe₃O₄ e suas formas de hidróxidos após a absorção de O₂.

Alguns dos absorvedores de CO₂ aplicados em AC em câmaras de estocagem podem ser adaptados para uso em embalagens individuais: o "lime" ou hidróxido de cálcio Ca(OH)₂ e óxido de magnésio (MgO).

Um método alternativo para desenvolver rapidamente uma AM dentro do pacote envolve o uso de um sache apropriado com carbonato ferroso (FeCO₃). Esse material se oxida na presença de oxigênio do ar e produz CO₂, provavelmente de acordo com a equação:



Essa reação reduz o teor de oxigênio enquanto aumenta rapidamente o CO₂ na embalagem. Comercialmente os absorvedores disponíveis devem cumprir os seguintes requisitos: ser efetivo, ser inócuo ao homem, ser estável e ter grande capacidade de absorção mesmo quando usado em pouca quantidade. Essas

condições limitam o uso de absorvedores químicos nos produtos de venda direta ao consumidor final (KADER, ZAGORY e KERBEL, 1989; LABUZA, 1996; SOUZA, 2001).

2.2.4.2 Modificação passiva

Nesse caso, a modificação da atmosfera é obtida através da respiração do produto dentro do pacote estando diretamente relacionado com as características metabólicas do produto e das propriedades de permeabilidade do filme.

Produtos que respiram lentamente são inadequados a esse processo pois levaria muito tempo para se atingir o ponto de equilíbrio desejado, ou seja, baixo teor de O₂. Os produtos MP, de uma forma geral, se adaptam a essa técnica devido ao aumento das taxas de respiração provocado pelos cortes. Existem, no entanto, vegetais que apresentam, mesmo quando cortados, baixa taxa de respiração e alta suscetibilidade a oxidação enzimática. Nesses casos, não se deve esperar que a atmosfera se altere pois nesse período deve ocorrer alterações indesejadas, como é o caso da alface (O'BEIRNE, 1990; SOUZA, 2001).

2.3 EMBALAGEM

Os filmes poliméricos têm sido aplicados na embalagem dos vegetais com a função de acondicionar e proteger os alimentos dos contaminantes ambientais e, paralelamente, atuam com êxito na redução da perda de umidade dos produtos durante o armazenamento. A redução da perda de umidade se deve a diminuição da magnitude da diferença de vapor de água entre o produto e o ambiente imediatamente em contato com ele no interior da embalagem. Com essa finalidade os filmes perfurados tem sido aplicados com êxito, a muito tempo.

Tem-se utilizado os filmes poliméricos sem perfuração com o objetivo de minimizar a perda de umidade e reduzir a taxa de respiração dos produtos. Mais recentemente ainda, as frutas e hortaliças MP tem sido embaladas em filmes poliméricos num esforço de se obter o prolongamento da vida-útil. Nesse aspecto a embalagem pode alcançar a conotação de um mecanismo de conservação de produto, já que o uso de filmes poliméricos, sem perfurar e hermético, cumprindo perfeitamente as exigências de permeabilidade aos gases em ação conjunta com o

resfriamento, a preparação e um tratamento sanitário apropriados na fase de pré-envase, tem sido a principal ferramenta utilizada para prolongar a vida-útil aos produtos sem processamento, como os vegetais (OLIVEIRA et al., 1998).

Os requerimentos fundamentais do material de embalagem são:

1. Proteção de agentes biológicos, mecânicos e físicos externos;
2. Prevenir ou retardar direta ou indiretamente a degradação química;
3. Apresentar propriedade de selagem hermética;
4. Proporcionar aparência adequada e possibilidade de identificação por etiquetas;
5. Minimizar ao nível aceitável a interação do material com o produto.

A permeabilidade adequada do filme aos gases influencia diretamente no sucesso da conservação dos vegetais. A utilização de filmes poliméricos pouco permeáveis no envase de vegetais MP produz, no interior da bolsa, um decréscimo da concentração de O₂ e um aumento da concentração de CO₂ como consequência da respiração do vegetal. Eventualmente, a redução demasiada de oxigênio pode induzir a anoxia dos tecidos, da mesma forma que o aumento de CO₂ intensifica a anaerobiose com a consequente degradação rápida dos tecidos e perda de qualidade.

Pode-se evitar esse efeito indesejável através do uso de filmes com permeabilidade razoavelmente alta ao O₂ e CO₂.

No entanto, filmes de permeabilidade muito alta podem originar uma atmosfera elevada de O₂ (acima de 8%) e baixa de CO₂ (abaixo de 1 a 2%), que na melhor hipótese tem apenas potencial para desacelerar a respiração.

Infelizmente, a utilização de material plástico ideal para propiciar uma concentração adequada tanto de O₂ como de CO₂ dentro do pacote não é possível para todos os produtos.

A maioria dos filmes apresenta de três a cinco vezes mais permeabilidade ao CO₂ do que ao O₂, tornando difícil o controle independente do CO₂ apenas pelo filme (BALMORE, 1987; LABUZA e BREENE, 1988; ZAGORY e KADER, 1989).

A seleção do material de embalagem para o envase em AM deve buscar o equilíbrio entre a velocidade de respiração do produto envasado e a permeabilidade do filme (LIOUTAS, 1988; ZAGORY e KADER, 1989; SCHLIMME e ROONEY, 1997). Para se chegar a esse equilíbrio deve-se considerar a influencia intrínseca do produto e da embalagem, descritas abaixo:

1. Fatores dependentes do produto:

- ✓ Velocidade de respiração a temperatura selecionada de armazenamento;
- ✓ Coeficiente respiratório a temperatura selecionada de armazenamento;
- ✓ Massa de produto no pacote;
- ✓ Concentração de O₂ e CO₂ necessárias para propiciar uma redução ótima na velocidade de respiração.

2. Fatores que dependem da embalagem:

- ✓ Permeabilidade dos materiais poliméricos ao O₂, CO₂ e vapor de água, a temperatura selecionada;
- ✓ Efeito da umidade relativa sobre a permeabilidade do filme;
- ✓ Área superficial total do pacote fechado;
- ✓ Integridade da selagem;
- ✓ Resistência mecânica.

3. Outros fatores:

- ✓ Volume vazio dentro do pacote;
- ✓ Velocidade do ar e umidade relativa ao redor do pacote.

2.3.1 Filmes Poliméricos

Os polímeros são uma classe de moléculas orgânicas de grande tamanho e elevado peso molecular que são formadas a partir da combinação de duas ou mais moléculas quimicamente denominadas monômeros. As moléculas do gás etileno, por exemplo, são monômeros. Quando esses monômeros são comprimidos, aquecidos e expostos a oxigênio ou a peróxido, polimerizam-se. Quando isso acontece, o etileno se transforma em polietileno, um sólido resistente usado na fabricação de muitos artigos de plástico (OSWIN, 1975; citado em SCHLIMME e ROONEY, 1997; POLÍMEROS, 2002). Os plásticos (nome não científico para polímeros) podem conter nas suas formulações um ou mais componentes de elevado peso molecular além de vários aditivos como plastificantes ou estabilizantes. Os polímeros quando termoplásticos, são materiais que quando aquecidos perdem a estrutura rígida e retornam a estrutura original quando resfriados novamente.(BALMORE, 1991, citado em SCHLIMME e ROONEY, 1997).

Um filme plástico é um material flexível que tem uma espessura de 0,254mm (254 µm) ou menos, isto é, com grossura suficiente para se auto sustentar mas fino

o bastante para ser flexível. JENKINS e HARRINGTON (1991), citado em SCHLIMME e ROONEY (1997), sugeriram um limite superior para espessura de 380 μm .

2.3.2 Permeabilidade do Filme

Segundo KADER, ZAGORY e KELBER (1989), permeabilidade é definida como a transmissão de um agente que penetra através de um material resistente. O processo de permeabilidade nos filmes poliméricos ocorre mediante a difusão ativa onde as moléculas do agente permeante se dissolvem na matriz do filme, difundindo-se através dela como resposta a um gradiente de concentração.

A difusão de gases através de um material inorgânico pode envolver interação da substância permeante com o meio através do qual está passando. Portanto, em polímeros, essa interação é importante na caracterização da permeabilidade da substância através do filme e envolve etapas de adsorção e sorção em um lado do filme, difusão propriamente dita e a correspondente desorção no outro lado (RÖSCH e WÜNSCH, 2000).

A difusão de um gás através de um filme é determinada, por sua vez, pela estrutura, espessura e área do mesmo, pelo gradiente de concentração e diferenças na pressão através do filme, pela permeabilidade ao gás específico, pela temperatura e umidade relativa do ambiente. Diferenças na solubilidade dos gases em um filme é um dos fatores que determina a velocidade do processo. Além disso, a difusão depende do tipo, da forma e da polaridade das moléculas do penetrante, da cristalinidade, graus de ligações cruzadas e da orientação da cadeia polimérica na matriz do filme.

O valor que expressa a capacidade de permeação de um filme numa determinada condição é o coeficiente de permeabilidade que esta diretamente relacionada com a espessura do filme, conforme equação 1 (SCHLIMME e ROONEY, 1997):

$$P = \frac{Jx}{A(p_1 - p_2)}$$

Onde:

J = velocidade volumétrica do gás que flui através do filme

A = área de superfície permeável

x = expressura do filme

p_1 = pressão parcial do gás no lado 1 do filme

p_2 = pressão parcial do gás do lado 2 do filme

2.3.3 Filme Plástico Flexível para Atmosfera Modificada

Existem vários filmes plásticos disponíveis para embalagem já desenvolvidos e outros em desenvolvimento. Porém poucos tipos de polímeros são utilizados na fabricação de filmes para embalar produtos frescos, sendo que os mais importantes nessa área são o PVC, o polietileno, o poliestireno e polipropileno. As principais características desses materiais se referem à boa barreira ao vapor de água e permeabilidade a gases relativamente alta e resposta favorável a termoselagem.

O polietileno é caracterizado de acordo com sua densidade em polietileno de baixa, media e alta densidade (PEBD, PEMD, PEAD, respectivamente), apresentando alta resistência a degradação química e relativa alta permeabilidade aos gases, o que é particularmente importante para o processo de AM, destacando-se nessa direção o PEBD. Nesse sentido, os filmes de PVC e de poliestireno apresentam também coeficiente de permeabilidade O₂/CO₂ favoráveis ao uso em vegetais (KADER, ZAGORY e KERBEL, 1989; SARANTÓPOULOS et al., 1996).

A maior área de aplicação de embalagem para atmosfera modificada -EAM tem sido em vegetais MP, devido a maior suscetibilidade ao rápido escurecimento enzimático dos tecidos. Nessa linha de trabalho, BALLANTYNE et al. (1988) aplicou diferentes combinações de AM em alface "Iceberg" picada envasada em alguns tipos de filmes observando que para esse produto foi necessário o material de maior permeabilidade testado (3000-10000 mL/m²/dia/atm a 25° C) para promover a extensão da vida útil em até 14 dias.

O efeito de formação de anaerobiose e suas consequências foram experimentados em CARLIN et al. (1990) trabalhando com cenouras MP acondicionadas em filmes de polipropileno e polietileno de baixa densidade. Nos filmes de menor permeabilidade houve acúmulo de CO₂ e alterações indesejáveis na qualidade sensorial e microbiológica.

Os principais materiais de envase em AM para uso potencial em hortaliças e frutas MP estão descritos na Tabela 4.

TABELA 4 - CARACTERÍSTICAS DE PERMEABILIDADE DOS PRINCIPAIS FILMES PLÁSTICOS UTILIZADOS NO ENVASE EM AM DE PRODUTOS FRESCOS (T: 20-25° C)

FILME	PERMEABILIDADE (mL/mm/m ² /dia/atm) ⁽¹⁾	
	O ₂	CO ₂
Polietileno de baixa densidade (PEBD)	3900 - 13000	7700 - 77000
Cloreto polivinilico (PVC)	620 - 2248	4263 - 8138
Poliestireno (PS)	2600 - 7700	10000 - 26000
Polipropileno (PP)	1300 - 6400	7700 - 21000
Acetato de celulose	1814 - 2325	13300 - 15500

FONTE: KADER, ZAGORY e KERBEL, 1989.

2.3.4 Modelo Matemático para Definir as Características do Envase

Diversos trabalhos têm buscado um modelo de interação entre o produto da respiração e a embalagem num esforço de colocar um desenho de EAM em bases analíticas (ZAGORY e KADER, 1988; KADER, ZAGORY e KERBEL, 1989; YAMASHITA; TELIS-ROMERO.; KIECKBUSH, 1997). Nesse sentido busca-se prever qual será o estado de equilíbrio entre a respiração e a permeabilidade do filme e quando este estado será atingido. Conhecendo-se a permeabilidade de vários filmes e as taxas de respiração do produto que se quer embalar poderá se prever, mediante os modelos matemáticos, qual o filme será mais adequado à obtenção da atmosfera de equilíbrio desejada. Sem esses modelos, o método de se conhecer a melhor atmosfera para um produto é empírico, isto é, cada produto deve ser submetido a diferentes condições de atmosfera em diferentes filmes para que se defina qual a melhor condição entre as várias existentes.

Apesar de facilitar o conhecimento das variáveis do processo de EAM (embalagem em atmosfera modificada) nenhum dos modelos propostos até então foram abrangentes o suficiente para envolver todas as variáveis inerentes do processo que deveria levar em conta, pelo menos:

- ✓ O efeito da mudança das concentrações do O₂ e do CO₂ na taxa de respiração;
- ✓ A possibilidade que o coeficiente de respiração, que expressa a relação entre a taxa de consumo de O₂ e a taxa de produção de CO₂, seja diferente de um;

- ✓ A permeabilidade do filme ao O₂ e ao CO₂;
- ✓ O efeito da temperatura na permeabilidade do filme;
- ✓ A área superficial e o espaço livre da embalagem;
- ✓ A resistência do produto a difusão de gases através do produto;
- ✓ A condição ótima de atmosfera para conservação.

Além disso, um modelo deveria reconhecer quando certa concentração de gás pode ser prejudicial ao produto e se ela pode ocorrer antes ou depois que o equilíbrio seja atingido (BALMORE, 1987; ZAGORY e KADER, 1988; O'BEIRNE, 1990). As maiores dificuldades encontradas pelos autores estão na escassez de dados completos quanto a permeabilidade de filmes a diferentes temperaturas e quanto as taxas de respiração em diversas combinações de concentrações de O₂ e CO₂ a diferentes temperaturas. Dados sobre resistência a difusão gasosa para vegetais são muito escassos, informação importante para entender como a atmosfera envolve o produto (ZAGORY e KADER, 1988).

CHRISTIE et al.(1995) desenvolveram uma técnica simples de determinar a taxa de respiração de produtos minimamente processados embalados em AM baseada numa equação de balanço de material que relaciona permeabilidade do filme e gases no interior da embalagem provenientes do metabolismo respiratório. A equação é particularmente útil para se determinar o metabolismo básico de respiração ou, quando as taxas de respiração são conhecidas, a permeabilidade do filme requerida. O trabalho também se propõe a comparar métodos de determinação de permeabilidade do filme, concluindo que os resultados obtidos pela técnica de “Mistura de gases em célula” descrito pelos autores gerou previsões mais realistas quando comparada com os resultados obtidos pelo método ASTM Dow cell.

O modelo matemático proposto é:

$$\text{Taxa de produção de gases} = \text{acumulação} + \text{GTR}$$

Produção de gases é a taxa de produção de CO₂ ou consumo de O₂ no interior da embalagem. GTR é a taxa de transmissão de gases através da embalagem e está relacionada com permeabilidade (P), espessura do filme (L), área do filme (A) e a diferença da concentração dos gases dentro e fora da embalagem (C_a no ambiente e C_p no interior da embalagem):

$$GRT = \frac{[P(C_a - C_p)AConst1]}{L}$$

$$Const1 = 1013.3Pa$$

$$Acumulação = (dC_p/dt)V Const2$$

$$Const2 = 1,24 \cdot 10^{-7} mol^{-1}$$

V = volume livre da embalagem.

Com esse trabalho, os autores determinaram a atividade metabólica do brócolis estocado em AM e o estado de equilíbrio dos gases dentro das embalagens.

Tanto as taxas de respiração quanto a determinação de permeabilidade dos filmes envolvidos deverão ser estabelecidos de acordo com a temperatura de interesse.

2.4 ALTERAÇÕES DE QUALIDADE DOS PRODUTOS MP

Do ponto de vista técnico, a qualidade de um produto engloba os aspectos microbiológicos, físico-químicos e nutricionais, os quais promoverão alterações sensoriais.

Do ponto de vista do consumidor ou mercadológico, o termo qualidade foi definido por LYON e CHURCHIL (1991) como “a totalidade de aspectos e característica de um produto que influem sobre sua capacidade de satisfazer o consumidor”.

Considerando-se que os vegetais MP são produtos diferenciados dos convencionais pelo valor agregado e, consequentemente, custos maiores são direcionados a uma classe de consumidores normalmente mais exigentes quanto as características sensoriais e nutricionais, ou seja, produtos “premium”. Nesse sentido, os produtos MP devem apresentar consistência, aparência de frescor, cor aceitável além de serem razoavelmente livre de defeitos, fatores visuais que influenciam a decisão de compra (SHEWLFELT, 1987; WATADA, 1999; NASCIMENTO, 2000).

Evidência de murchamento é o maior defeito em vegetais de folha (YANO et al., 1981), podendo ser relacionada com a percepção de textura. O processo da transpiração está associado à respiração e é o principal fator responsável pela perda

de peso que reflete no “murchamento” dos tecidos. As hortaliças possuem cerca de 75 a 95% de água, sendo a umidade relativa (UR) dos tecidos intracelulares próxima de 100%. A tendência de perder água na forma de vapor ocorre sempre que exposta a ambientes com menor UR (SIGRIST, 1982; BOLLIN e HUXSOLL, 1989).

A aparência dos vegetais está diretamente relacionada com a coloração. Concentrações baixas de O₂ e/ou elevadas de CO₂ reduzem a perda de clorofila em muitas frutas e hortaliças provavelmente devido a ação da elevação do pH celular, em consequência da AM, na estabilidade da clorofila (KADER, 1986; ZAGORY e KADER, 1989, citado em YAMASHITA, 1995).

Dentre as transformações bioquímicas que ocorrem no vegetal, as degradações dos carboidratos devido a respiração e a conversão de amido em açúcar podem ser afetadas pelo armazenamento em AM devido a redução das taxas de respiração e à redução do O₂ ou o aumento do CO₂. Essas alterações poderão refletir na característica sensorial dos produtos armazenados além de indicar os níveis de metabolismo mantidos durante o armazenamento (WANG, 1990; ZAGORY e KADER, 1989, citado em YAMASHITA, 1995).

BOLLIN e HUXSOLL (1991) reportaram que houve alteração dos sólidos solúveis em alface “americana” MP durante estocagem devido a metabolização dos carboidratos durante a respiração, porém o pH manteve-se constante no mesmo período e armazenamento a temperatura de 1° C. Em LÓPEZ-GÁLVEZ (1997) observou-se a redução dos sólidos totais em saladas de alface MP em AM. A taxa da perda de açucares nesse trabalho foi maior na variedade Romana do que na “Iceberg”.

Um aumento no pH e decréscimo da acidez após exposição a elevado CO₂ foi observado em vários vegetais (KADER, 1986). Alterações no pH foram detectados por SIRIPHANICH E KADER (1986) em alface submetidas a AM (5-15% CO₂). Imediatamente após a retirada do produto da AM, as determinações indicaram um aumento na acidez e decréscimo do pH, mas após algum tempo os resultados se inverteram.

2.4.1 Análise Sensorial

Poucas medidas objetivas como colorimetria ou determinação de textura, por meio de equipamentos, estão disponíveis para relatar características como frescor e

preferência do consumidor. Nesse contexto, a análise sensorial surge como uma forma sistematizada de encontrar as melhores conveniências entre o gosto dos consumidores e as propriedades sensoriais dos produtos. Está baseada em fundamentos científicos e também é considerada tecnologia em razão da sua intensa utilização prática (SOUZA, 2001).

Aplica-se a análise sensorial em avaliações de produto vegetal MP onde se busca determinar parâmetros de qualidade e estudo de vida-útil (HEIMDAL et al., 1995; HAMZA et al., 1996; LÓPEZ-GALVEZ et al., 1997; SOUZA, 2001). Escalas numéricas subjetivas, aplicadas em Análise Sensorial foram desenvolvidas por KADER et al. (1973) para avaliar alface fresca e tem sido o método mais efetivo para avaliar características como murchamento (textura) e outros fatores de aparência como cor e defeitos, além do aroma e do sabor (SHEWLFEELT, 1987).

A percepção de aroma pelo painel sensorial, para vegetais embalados em AM, é um bom indicativo do aumento da produção de etanol nos tecidos devido a condições inadequadas de armazenamento, apresentando correlação com grau de deterioração do produto (HAMZA et al., 1996).

Outros defeitos comumente relatados para alface MP são o escurecimento enzimático que promove alterações nos tecidos, conhecidas como “brown stain” (BS) e “senescence browning” (SB), que se referem ao escurecimento marrom-ferrugem evidenciados em tecidos brancos e ao escurecimento marrom-preto por deterioração das folhas, respectivamente (KADER, 1973; LÓPEZ-GALVEZ et al., 1997; MATEOS et al., 1993).

Os instrumentos de medição da análise sensorial são os sentidos dos julgadores, que por sua vez, podem ser classificados em treinados e não treinados. Os julgadores treinados são úteis para provas descritivas e discriminativas ou ainda em testes discriminativos simples. Os não treinados são úteis em provas efetivas.

Os julgadores de testes discriminativos simples devem apresentar habilidade suficiente para perceber e distinguir diferenças entre as amostras para um determinado atributo, não sendo necessário um aprendizado teórico-prático, como no caso de testes descritivos complexos, e sim treinamento com a metodologia a ser empregada no próprio teste (PERALTA, 1999, citado em NAGAMATO, 2001).

2.4.2 Alterações Microbiológicas

Os métodos de conservação devem estar direcionados tanto com o controle microbiano como o enzimático devido a esses fatores serem as principais fontes de deterioração dos vegetais RMP.

Dentre os vegetais, as hortaliças são classificadas como alimentos altamente perecíveis devido às características intrínsecas de pH neutro e alta atividade de água, condições ideais para o desenvolvimento de microrganismos patógenos, embora esses venham a sofrer desvantagem competitiva frente a flora natural presente nos vegetais.

Nas hortaliças existe a predominância de bactérias e um menor número de fungos, que são os componentes da flora natural dos vegetais. Os gêneros mais comuns de fungos são as *Flavobacterium* e *Pseudomonas* e entre as bactérias encontram-se mais comumente as *Enterobacteriaceae* e as *Coryneform*.

A flora natural limita o crescimento de microrganismos patógenos não característicos do vegetal mas presentes na natureza principalmente na terra. Injúrias mecânicas e falta de sanitização durante a colheita e manipulação favorecem o desenvolvimento desses microrganismos que não são eliminados por tratamento térmico efetivo que não é característico do processamento mínimo.

A modificação da atmosfera aumenta os riscos de contaminação por patógenos, uma vez que a redução de oxigênio devido a pouca permeabilidade das embalagens utilizadas, em conjunto com vegetais possuidores de elevadas taxa de respiração, pode promover a formação de ambiente anaeróbico ou microaeróbico. Nessas condições, bactérias psicrotróficas anaeróbias ou anaeróbios facultativos como *Clostridium botulinum* (cepas não proteolíticas E, B e F) e *Listéria monocytogenes* respectivamente, estão hábeis para se desenvolverem (BRACKETT, 1987; BERRANG et al., 1989; PHILLIPS, 1996; DIGNAN, 1997; BENNIK et al., 1998, LIOUTAS, 1988).

JACXSENS et al. (1999) concluíram que os patógenos psicrotróficos ou *L. monocytogenes* e *Aeromonas spp.* são capazes de se desenvolver em embalagens de vegetais MP sob AM (2-3% de O₂ e 3% de CO₂) a 7° C, sendo esse desenvolvimento influenciado principalmente pelo tipo de vegetal embalado e não pela atmosfera utilizada. A alface picada e endívias apresentaram maior desenvolvimento desses patógenos, ao contrário da cenoura picada e da couve de

bruxelas. Segundo CARLING e NGUYEN-THE (1993), na análise de diferentes cultivares de alface observou-se a influencia da cultivar no crescimento ou inibição da *Listéria monocytogenes*.

BARRIGA et al. (1991), submetendo a alface "Iceberg" MP sob AC (3-5% de O₂ e 5-10% de CO₂) observaram que apenas os psicrófilos apresentaram alguma inibição de crescimento até nove dias de armazenamento a 10% de CO₂, os mesófilos, bactérias lácteas, fungos e coliformes não foram afetados pela modificação da atmosfera.

Os padrões microbiológicos de qualidade utilizados pela indústria de produtos frescos na Bélgica (Tabela 5) são aplicados aos produtos cortados devido a inexistência de padrões específicos para essa categoria (DEBEVERE, 1996, citado por JACXSENS et al., 1999). Na França utilizam-se padrões um pouco mais rígidos do que os Belgas para a produção, máximo 5 x 10⁴ UFC/g, e para o consumo, máximo de 5 x 10⁷ UFC/g (ANONYMOUS, 1988, citado por BARRIGA et al., 1991).

TABELA 5 - CRITÉRIOS MICROBIOLÓGICOS PARA VEGETAIS PRONTOS PARA CONSUMO

MICRORGANISMO	PADRÃO ⁽¹⁾ (UFC/g) ⁽³⁾	TOLERÂNCIA ⁽¹⁾ (UFC/g)	LIMITE ⁽²⁾ (UFC/g)
Contagem total de aeróbios	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁸
Bactérias Lácteas	10 ³	10 ⁴	10 ⁷
Leveduras	10 ³	10 ⁴	10 ⁵
<i>L. monocytogenes</i>	Ausência em 0,01g	Ausência em 0,01g	Ausência em 0,01g

FONTE: JACXSENS et al., 1999.

⁽¹⁾ Objetivo e critério de tolerância no dia de produção

⁽²⁾ Limite no último dia de vida-útil

⁽³⁾ UFC – unidade formadora de colônias

Na legislação brasileira, os vegetais minimamente processados foram incluídos no grupo "HORTALIÇAS, LEGUMES E SIMILARES INCLUINDO COGUMELOS (FUNGOS COMESTIVEIS)" e definidos como "Hortaliças frescas "in natura", preparadas (descascadas ou selecionadas ou fracionadas), sanificadas, refrigeradas ou congeladas para consumo direto, com exceção do cogumelo. Os padrões microbiológicos definidos na referida resolução estão descritos na Tabela 6 (BRASIL, 2001).

A determinação da presença de coliformes é utilizada como microrganismo indicador de boas práticas de higiene durante o processamento, porém não existem na legislação atual brasileira os limites para microrganismos deterioradores presentes na flora vegetal como aqueles descritos nos padrões europeus.

TABELA 6 - PADRÕES MICROBIOLÓGICOS PARA PRODUTOS MP

MICROORGANISMO	TOLERÂNCIA (amostra indicativa)	TOLERÂNCIA (amostra representativa)			
		n ⁽¹⁾	c ⁽²⁾	m ⁽³⁾	M ⁽⁴⁾
Coliformes ¹ a 45° C/g	10 ²	5	2	10	10 ²
Salmonella sp/25 g	Ausente	5	0	Aus.	-

FONTE: BRASIL, 2001.

⁽¹⁾n: numero de unidades a serem recolhidas aleatoriamente de um lote

⁽²⁾c: numero máximo aceitável de unidades de amostras com contagem entre os limites m e M

⁽³⁾m: limite que separa o lote aceitável do produto ou lote com qualidade intermediária aceitável

⁽⁴⁾M: limite que separa o produto aceitável do não aceitável

2.4.3 Alterações Enzimáticas

As reações enzimáticas são responsáveis pela maioria das alterações sensoriais que envolvem os vegetais (escurecimento, descoloração, etc.).

As enzimas polifenoloxidases (PFOs), peroxidase (PO), pectinases, poligalacturonases (PGs) e pectinesterases (PEs) estão presentes nos tecidos vegetais relacionadas com a cadeia respiratória. Atuam como catalisadores nas reações bioquímicas que, conforme descrito no Quadro 1, pode provocar um defeito na qualidade dos alimentos (WILEY, 1997).

QUADRO 1 - ENZIMAS RELACIONADAS COM A QUALIDADE DOS ALIMENTOS

	ENZIMA	REAÇÃO BIOQUÍMICA	DEFEITO DE QUALIDADE
Flavor	Hidrolase acil-lipolítica	Hidrólise de lipídios	Rancidez hidrolítica
	Lipogenase	Oxidação dos ácidos graxos poliinsaturados	Rancidez oxidativa, sabor ruim
	Peroxidase/catalase	Hidrólise de proteínas	Amargor
	Protease		
Cor	Polifenoloxidase	Oxidação de fenóis	Coloração escura
Textura	amilase	Hidrólise do amido	Perda de viscosidade, amolecimento
	Pectinametilesterase	Hidrólise da pectina	Perda de viscosidade, amolecimento
	Poligalacturonase	Hidrólise do x-1,4 ligação glicosídica em ác. pectíco	Amolecimento, perda de textura ou viscosidade
Valor nutritivo	Ac. ascórbico oxidase	Oxidação do ác. ascórbico	Perda de Vitamina C
	Tiaminase	Hidrólise de Tiamina	Perda de vitamina B ₁

FONTE: WILEY, 1997.

As reações enzimáticas são dependentes da temperatura e podem ser inativadas por tratamento térmico ou por compostos químicos como os antioxidantes (WILEY, 1997). Quando se cortam as alfaces ocorre o escurecimento e uma perda da coloração verde durante o armazenamento (BOLIN e HUXSOLL, 1991), devido a um conjunto de oxidações. No rompimento das células por cortes ou danos mecânicos, as enzimas se libertam do interior das mesmas acelerando os processos metabólicos catalisados por elas, o que é um limitante no processamento mínimo. Temperaturas adequadas de refrigeração são necessárias para reduzir a velocidade das reações, não podendo ser muito baixas de forma a se evitar a desintegração celular por excesso de frio (ROLLE e CHISM III, 1987; WILEY, 1997).

O escurecimento causado por injúrias ou cortes pode ser um dos fatores limitante para vegetais minimamente processados. Injúrias e cortes induzem a ação das enzimas amonia-fenilalanina, polifenoloxidase e outras enzimas que contribuem direta ou indiretamente para o escurecimento (ROLLE e CHISM III, 1987).

Altas concentrações de CO₂ são inibidoras da ação de PFO em alface MP. Como as polifenoloxidases oxidam compostos fenólicos com formação de quinonas, a redução da atividade enzimática por CO₂ previne o escurecimento dos tecidos, tanto inteiros como cortados, aumentando a vida-útil desse vegetal em até seis dias (YI WANG, 1990; BARRIGA, 1991; MATEOS et al., 1993; HAMZA et al., 1996; JACXSENS et al., 1999).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 MATERIAL

3.1.1 Matéria-prima

A alface do tipo crespa é a hortaliça folhosa pertencente à espécie *Lactuca sativa L.*, classificada quanto às características varietais de formato das folhas e da cabeça como crespa – folhas crespas de bordas recortadas e irregulares, de coloração verde, não forma cabeça (CELEPAR, 2001).

A cultivar avaliada foi a Verônica (Figura 3), adquirida junto a um produtor da região de Curitiba, no período de março a abril de 2001, para testes realizados na primeira fase, e de janeiro a fevereiro de 2002 para os testes da segunda fase do trabalho. As hortaliças foram colhidas de madrugada e enviadas para processamento no início da manhã, sendo então imediatamente processadas.

FIGURA 3 - “LACTUCA SATIVA” – ALFACE CRESPA CULTIVAR VERÔNICA



A alface crespa para esse estudo teve suas folhas separadas para lavagem e desinfecção para, a seguir, serem embaladas em diferentes filmes flexíveis sob atmosfera modificada e armazenadas em refrigeração (ver item 3.2.2). Folhas

inteiros e picadas foram avaliadas, utilizou-se faca de aço inoxidável para cortar em tiras de dois a três centímetros de largura.

3.1.2 Filmes Plásticos Flexíveis

Cinco filmes foram testados e comparados entre si. A escolha dos filmes se baseou na indicação dos fornecedores de embalagem como materiais adequados para o acondicionamento de vegetais inteiros e MP, sendo que os filmes PEBD 60, BOPP-PEBD e o Experimental C são especificamente indicados para vegetais MP e tem sido utilizado para esse fim. O polietileno de uma forma geral em sido o material mais utilizado para embalar vegetais (ver item 2.2.3).

1. PEBD 50: Polietileno de baixa densidade,
2. PEBD 100: Polietileno de baixa densidade;
3. BOPP- PEBD: polipropileno biorientado – polietileno de baixa densidade ;
4. Experimental C;
5. PEBD 60: Polietileno de baixa densidade.

Os filmes foram cortados e transformados em sacos retangulares de 30 x 25 cm quando não foram assim recebidos.

3.1.2.1 Características físicas dos filmes testados

Não foi possível obter a composição dos filmes utilizados diretamente dos fornecedores, bem como as características de permeabilidade aos gases O₂ e CO₂ envolvidos no processo. Portanto, os filmes foram analisados quanto a permeabilidade e espessura (Tabelas 7 e 8) pelo Centro de Tecnologia de Embalagem (CETEA) do Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL – Campinas/SP). Para a determinação da taxa de permeabilidade ao oxigênio foi utilizado o método colorimétrico segundo norma ASTM D 3985-95 (*Standard test method for oxygen gas transmission rate plastic film and sheeting using a colourmetric sensor*), em equipamento OXTRAN, modelo 2/20 operando com oxigênio puro como gás permeante à temperatura de 23° C e a seco. A taxa de permeabilidade ao gás carbônico foi determinada pelo método de aumento de concentração (CETEA, 1996).

A espessura dos filmes foi determinada com um micrômetro de ponta plana Starret, com resolução de 1 µm.

TABELA 7 - TAXA DE PERMEABILIDADE AO O₂ (TPO₂) E AO CO₂ (TPCO₂)⁵

AMOSTRA	TPO ₂ cm ³ (CNTP)/m ² /24 h ⁽¹⁾			TPCO ₂ cm ³ (CNTP)/m ² /24 h ⁽²⁾		
	MÉDIA ¹	IV ³	CV ⁴ (%)	MÉDIA	IV	CV (%)
PEBD50*	3.735	3.625-3.845	4	12.922**	9.127-15.958	27
PEBD60**	2.844	2.747-2.942	5	12.073	10.633-13640	11
PEBD100**	1.842	1.786-1.897	4	8.825	7.684-10.185	12
BOPP/PEBD*	1.237	1.222-1.251	2	4.472**	4.191-4.818	7
EXPERIM. C*	845	843-846	0,3	5.977	5.618-6.661	10

¹TPO₂: resultados médio de duas determinações²TPCO₂: *resultados médio de três determinações; **resultado médio de quatro determinações³IV: intervalo de variação⁴CV: coeficiente de variação⁵a 23° C, a seco e 1atm de gradiente de pressão parcial de gás permeante**TABELA 8 - ESPESSURA TOTAL DOS FILMES**

AMOSTRA	ESPESSURA (μm)		
	MÉDIA ¹	IV ²	CV ³
PEBD50*	50	45 - 53	4
PEBD60**	60	55 - 64	5
PEBD100**	100	95 - 105	3
BOPP/PEBD*	67	63 - 69	2
EXPERIMEN. C*	62	58 - 66	3

¹Média referente a vinte e cinco determinações²Intervalo de variação³Coeficiente de variação

3.1.3 Gases para Atmosfera Modificada

As especificações das misturas estão detalhadas na Tabela 9.

Buscou-se na mistura ATM3 estabelecer a atmosfera ambiente dentro do pacote. Essa condição foi obtida através da perfuração dos sacos de PEBD 50 com agulha de Ø 0,05 mm, de forma a permitir que o ar penetrasse com facilidade no interior da embalagem.

TABELA 9 - MISTURAS GASOSAS APLICADAS NOS TESTES

CÓDIGO	ALFACE
ATM1	5% O ₂ x 10% CO ₂ x 85% N ₂
ATM2	5% O ₂ x 15% CO ₂ x 80% N ₂
AT3	21% O ₂ x 0,03% CO ₂ x 78,96% N ₂
ATM4	8% O ₂ x 7,5% CO ₂ x 84,5% N ₂
ATM5	10% O ₂ x 10% CO ₂ x 80% N ₂

3.1.4 Equipamentos

- Seladora a vácuo *Triporvac* modelo KV 999
- Balança semi-analítica *Sartorius-Verke GMBH*, precisão de 0,01g
- Refrigerador doméstico
- Centrífuga cesto TREU, capacidade 15 kg, mod. 666.103B
- Analisador de "head space" marca *Abiss*, modelo VAK 12 (MAP03)
- Analisador de oxigênio *OXTRAN*, modelo 2/20 (MOCON)
- Cromatógrafo CG Instrumentos Científicos, modelo 2527 com integrador *SHIMADZU* modelo CR4A
- Cromatógrafo *SHIMADZU* – CG- 8A, acoplado ao integrador de programas *CHROMA*
- Homogeneizador de amostras *STOMACHER*
- Micrômetro de ponta plana *STARRET*
- Refratômetro de Bancada *PZO*, modelo RL3
- pHmetro analógico *ANALION*, modelo PM 604

3.2 MÉTODOS

3.2.1 Planejamento Experimental

Devido a interação atmosfera-embalagem, o trabalho foi dividido em duas etapas, sendo a primeira fase direcionada para o estudo do comportamento do vegetal em diferentes embalagens visando a seleção do filme mais adequado. Para tanto, aplicou-se as misturas gasosas ATM1 e ATM3 para todos os diferentes filmes. A primeira composição gasosa (ATM1) foi especificada baseada em dados de referência bibliográfica em estudos realizados com alface de diversas variedades (MATEOS et al., 1993; HAMZA et al., 1996; KADER, ZAGORY e KERBEL, 1989). Aplicou-se as misturas ATM4 e ATM5 especialmente para o filme PEBD 100 buscando melhorar os resultados obtidos com as atmosferas testadas anteriormente na tentativa de se viabilizar a utilização desse filme. Dessa forma, a variável avaliada foi a embalagem partir dos resultados obtidos foram estabelecidas quais seriam as demais composições que seriam testadas.

Na segunda fase uma nova atmosfera foi aplicada (ATM2) adicionalmente à ATM1 e ATM3, de forma a se otimizar os resultados obtidos na extensão da vida-útil

do produto embalado na primeira fase. Processou-se dois tipos de produtos: a alface crespa com as folhas inteiras e a mesma alface picada, sendo que a picada foi processada apenas com a misturas ATM2 e ATM3.

Para minimizar as diferenças naturalmente existentes quanto ao período de plantio e colheita, variação climática bem como outras variações intrínsecas de produtos agrícolas em cada fase do experimento, o controle produzido com o filme perfurado esteve presente em todas as condições. Buscou-se dessa forma estabelecer a diferença entre o tratamento com AM e aquele sem modificação (ar) quando todas as demais variações no processamento fossem mantidas.

A análise estatística foi realizada através da aplicação do delineamento experimental inteiramente casualizado com duas repetições ou blocos (ANOVA) quando testou-se três ou mais tratamentos (misturas gasosas ou filmes) e o teste de significância foi utilizado para amostras pequenas (*t*-teste), com médias independentes onde aplicou-se apenas dois tratamentos.

3.2.2 Descrição do Processo

O processamento adotado está esquematizado na Figura 4 e as etapas estão detalhadas a seguir.

- Após a pré-lavagem para retirada de resíduos da terra, as folhas foram separadas da raiz com corte manual (faca de aço inoxidável).
- A lavagem e a desinfecção foram realizadas em água fria (5-10° C) assim que as hortaliças foram recebidas. Quando processadas inteiras, as folhas seguiram diretamente para a desinfecção após a lavagem.
- Para a alface picada, o corte em tiras de dois a três cm de largura foi efetuado com faca de aço inoxidável antes de seguir para a próxima etapa.
- Foi preparada solução de hipoclorito de sódio a 100 ppm onde as folhas foram imersas para desinfecção por um período de 10 minutos (CHITARRA, 1998).
- Após enxágüe por imersão em água potável, as folhas foram centrifugadas em centrífuga cesto TREU, para retirar excesso de água, a 850 rpm por trinta segundos.

- A seguir as folhas foram pesadas em balança semi-analítica Sartorius-Verke GMBH (0,01 g de precisão) e acondicionadas nas embalagens plásticas com 150 gramas de alface por unidade.
- As unidades foram para o fechamento em seladora a vácuo com injeção de atmosfera modificada, sendo enviadas imediatamente para refrigeração a 5-8º C, onde permaneceram durante toda a avaliação (Figura 5).

FIGURA 4 - ESQUEMA DO PROCESSAMENTO MÍNIMO APLICADO

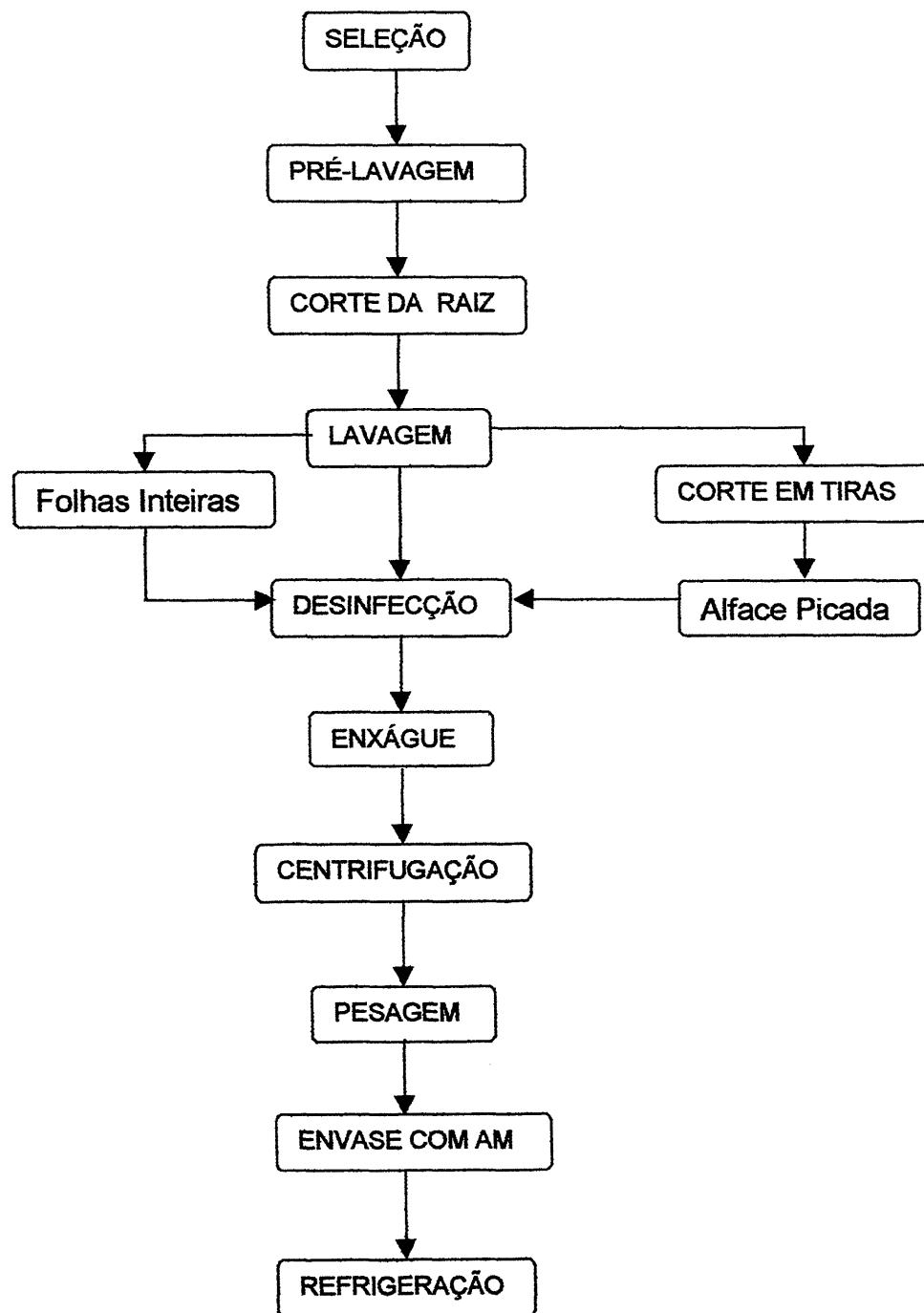
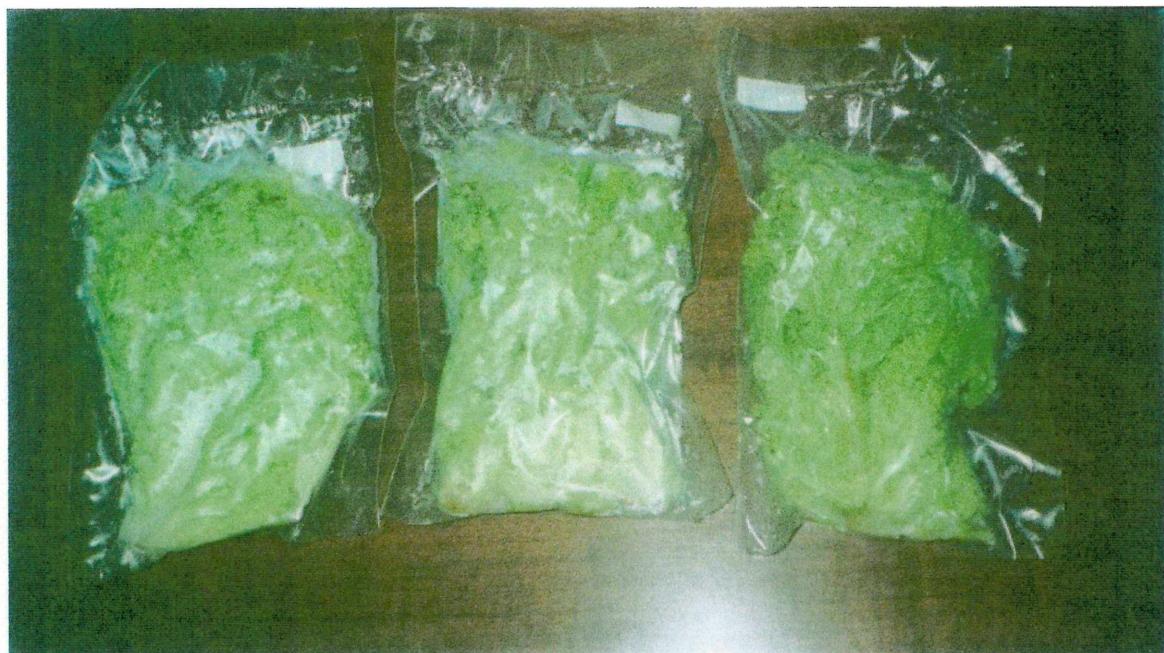


FIGURA 5 - FOLHAS INTEIRAS EMBALADAS EM SACOS PLÁSTICOS COM INJEÇÃO DE GÁS



3.2.3 Avaliações

3.2.3.1 Respirometria

Foi avaliada a taxa respiratória dos dois tipos de alface processados, pelo método de cromatografia gasosa onde se determinou a variação das concentrações de O₂ e de CO₂ provocadas durante a respiração em um sistema hermético com entrada controlada de ar a uma temperatura de 20° C.

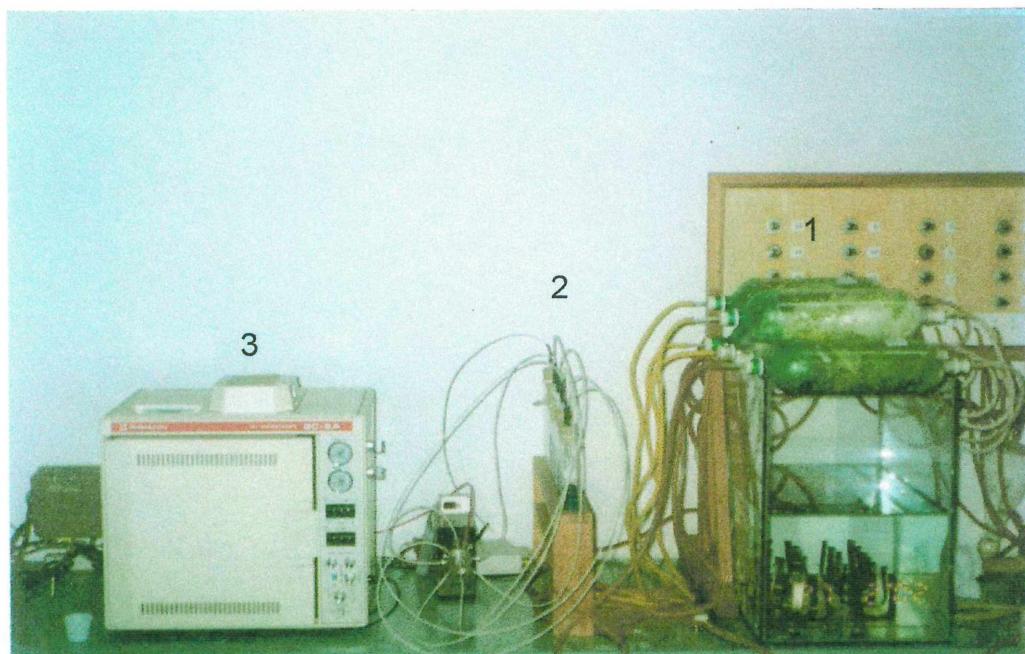
A alface foi acondicionada em garrafas de poli(tereftalato de etileno), devidamente seladas para não permitir entrada de ar exceto pela bomba controladora de vazão. O fundo da garrafa foi retirado e substituído pela boca de outra garrafa, colada com borracha de silicone (Figura 6).

FIGURA 6 - COLUNAS DE PET COM ALFACE CRESPA



O ar conduzido por uma bomba com vazão controlada (18 - 20 mL/min) foi injetado em uma das extremidades da coluna (entrada) para garantir o ar necessário à respiração do vegetal durante todo o período de análise que durou 24 horas. Na outra extremidade (saída) a coluna foi conectada hermeticamente ao conjunto de colunas com silica-gel para ser desumidificado antes de seguir para o cromatógrafo (SHYMADZU - CG - 8A) para análise do O₂ e CO₂ final. Os dados foram processados pelo programa integrador de cromatogramas CRHOMA durante um período de 24 horas, com determinações a cada dez minutos através de injeções automáticas do ar de saída das colunas diretamente no cromatógrafo. As injeções de amostras foram automatizadas pelo programa e controladas por um sistema de válvulas ligado diretamente no injetor do cromatógrafo, respeitando um intervalo de dez minutos entre duas injeções de amostras diferentes. O cromatógrafo operou com um detector de condutividade térmica, um injetor automático e uma coluna ALTHEC CTR1, a qual permite a separação de oxigênio, nitrogênio, ar, metano, dióxido e monóxido de carbono em diferentes tempos de retenção (Figura 7).

FIGURA 7 - CONJUNTO DE RESPIRAÇÃO: COLUNAS DE PET¹ - COLUNAS DE DISSECAÇÃO² - CROMATÓGRAFO³



Condições de operação do cromatógrafo:

T detector: 60°C

T da coluna: 60°C

Fase gasosa: Hélio

Pressão de Hélio: 1 bar

Volume de injeção: 300 µL

Gás de calibração: Ar

Mistura 1: O₂ (5%), CO₂ (5%), N₂ (90%)

Mistura 2: O₂ (15%), CO₂ (10%), N₂ (75%)

Nessas condições os tempos de retenção de cada componente podem ser expressos como mostrado na Tabela 10.

TABELA 10 – TEMPO DE RETENÇÃO DOS GASES MONITORADOS¹

COMPONENTE	TEMPO DE RETENÇÃO (min)
Ar	0,62
CO ₂	0,95
O ₂	5,72
N ₂	8,02

¹ nas condições acima descritas

3.2.3.2 Análise da concentração dos gases no interior das embalagens

Foi feita medida diária da evolução da concentração de O₂ e CO₂ no interior da embalagem nos três primeiros dias de armazenamento e a cada dois dias até o final do período, até que o produto apresentasse características de deterioração. As medidas foram feitas com o analisador de "head space" Abiss, diretamente no interior do pacote através de um septo de borracha que permite a inserção direta da agulha hermética conectada no analisador. O gás do interior da embalagem é succionado por uma bomba acoplada no aparelho. O equipamento detecta as porcentagens de O₂ e CO₂ presente no "head space" da embalagem com uma precisão +/-2% sobre o valor da leitura para valores abaixo de 10% de oxigênio e +/-2% sobre os valores de leitura de gás carbônico.

Os valores obtidos em cada determinação referem-se a média da leitura de dois pacotes.

3.2.3.3 Análise sensorial

A avaliação da qualidade sensorial foi feita inicialmente por uma equipe de doze julgadores que receberam instruções quanto a metodologia e quanto as observações que deveriam ser feitas nas avaliações de aparência visual (defeitos que poderiam ocorrer), alterações no aroma e sabor. Todos os julgadores eram familiarizados com o produto ou seja, consumidores habituais de alface crespa. Foram orientados nas primeiras análises para observar as alterações dos aspectos mais evidentes no produto, defeitos descritos na ficha de análise.

Para facilitar a percepção do sabor, aroma e textura característicos de alface fresca, os julgadores analisaram amostras do produto nessas condições comparando com as amostras armazenadas, o que resultou num treinamento da equipe para as etapas posteriores.

Buscou-se, nessa fase preliminar, o aprimoramento da percepção dos julgadores para as etapas posteriores onde se avaliou o efeito da variação da atmosfera no produto. Na última fase, onde se avaliou a alface picada, o grupo se reduziu a seis julgadores, devidamente treinados. Os julgadores receberam fichas individuais de avaliação, que estão apresentadas no Apêndice 2.

O método utilizado foi ADQ – Análise Descritiva Qualitativa, através de escala hedônica de nove pontos para a qualidade geral e defeitos. Para os atributos

sabor, textura e aroma, utilizou-se a escala hedônica de cinco pontos (KADER et al., 1973; MEILGAARD, 1991; LOPEZ-GALVEZ, 1997), detalhada no Quadro 2.

QUADRO 2 - ESCALA HEDÔNICA AFETIVA NUMÉRICA

Qualidade Geral:	9. Excelente, livre de defeitos 7. Boa , pequenos defeitos 5. Defeitos médios, não limita para consumo 3. Pobre, defeitos excessivos, limitada para consumo 1. Extremamente pobre, não utilizável
Aroma:	1. Nenhum/não típico, odores fortes não característicos 2. Razoável, início de odores não característicos 3. Bom 4. Muito bom, sem alterações 5. Fresco/excelente
Sabor:	1. Nenhum/não típico 2. Razoável 3. Bom 4. Muito bom 5. Fresco/excelente
Textura:	1. Pobre/flácida 2. Razoável 3. Boa 4. Muito boa 5. Excelente/crocante/fresca
Defeitos: • E.E.F.: escurecimento devido a necroses pontuais no meio da folha ou na extremidade • E.E.H.: escurecimento da haste “róseo-ferrugem a marrom”	9. Nenhum 7. Leve 5. Moderado 3. Severo 1. Extremo

Para o atributo “aparência” considerou-se, como limite mínimo de aceitação do produto para o consumo, a nota cinco e, para os demais atributos, a nota limite foi dois, ou seja, para notas menores o produto não estaria apto a comercialização.

Na primeira fase dos testes comparou-se as médias sensoriais de um mesmo tratamento ou filmes a cada período (tempo de armazenamento) com o resultado da análise ou do período anterior.

Na segunda fase, onde utilizou-se uma única embalagem e três tratamentos, que foram as modificações da atmosfera, as médias de cada tratamento foram comparadas entre si a cada período do armazenamento.

Nas duas situações foi considerado o melhor tratamento aquele que alcançou melhor qualidade em todos os atributos no maior período de estocagem foi considerado o melhor tratamento.

A comparação dos resultados entre os diferentes tratamentos (tipo de embalagem e dia de armazenamento) foi feita através do teste de homogeneidade de Bartlett, análise de variância das médias, teste de TUKEY e T-teste para avaliação de médias.

A alface após retirada das embalagens foi disposta em bandejas para avaliação da aparência do conjunto (2 sacos). Para se sentir o aroma, parte das folhas foram separadas e colocadas em um recipiente menor de forma a se facilitar a percepção. Foram servidas folhas individuais para degustação (Figuras 8 e 9).

FIGURA 8 - ALFACE CRESPA FOLHA INTEIRA PARA ANÁLISE SENSORIAL



FIGURA 9 - ALFACE PICADA PARA ANÁLISE SENSORIAL



3.2.3.4 Análise microbiológica

Optou-se por avaliar a evolução da flora deteriorante presente nos produtos de origem vegetal, de acordo com os padrões europeus, por serem esses os microrganismos relevantes na deterioração por senescência, já que o processamento foi conduzido em laboratório, sob condições controladas de manipulação. Consideramos dispensável a análise de microrganismos indicadores de condições de higiene no processamento (coliformes).

Uma amostra de 25 gramas foi retirada do saco aleatoriamente, diluída em 225 mL de água peptonada estéril e homogeneizada no “Stomacher” por trinta segundos.

Após homogeneização e diluições do produto (até 10^{-4} g/g), a inoculação foi feita em superfície para determinação de fungos mesófilos aeróbios em meio Dicloran rosa de bengala clorafenicol com aplicação de 0,1 mL de amostra por placa. Para determinação de bactérias mesófilas totais utilizou-se inoculação “pour plate” em meio agar padrão para contagem total (PCA) para aeróbios, 1 mL por placa (SILVA et al., 1997; APHA, 2001; AOAC, 1998).

3.2.3.5 Análise de sólidos solúveis e pH

Homogeneizou-se 50 g de amostra das folhas em homogeneizador manual até que ficassem maceradas. A massa obtida foi filtrada em tecido de nylon para que o suco fosse extraído. A medida do teor de sólidos solúveis totais (°Brix) e do pH foram feitas diretamente do suco obtido com o refratômetro e pH-metro, respectivamente.

Os resultados correspondem à média das determinações de dois pacotes de cada produto em cada tempo de armazenamento.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e as discussões apresentadas a seguir estão divididos de acordo com a seqüência de realização dos testes.

4.1 AVALIAÇÃO DE DIFERENTES FILMES

Nessa etapa do trabalho avaliou-se o comportamento da alface MP, folhas inteiras em diferentes materiais de embalagens sob uma mesma condição de modificação de atmosfera em comparação com a atmosfera ambiente, conforme metodologia descrita anteriormente.

4.1.1 Variação da Composição da Atmosfera no Interior da Embalagem

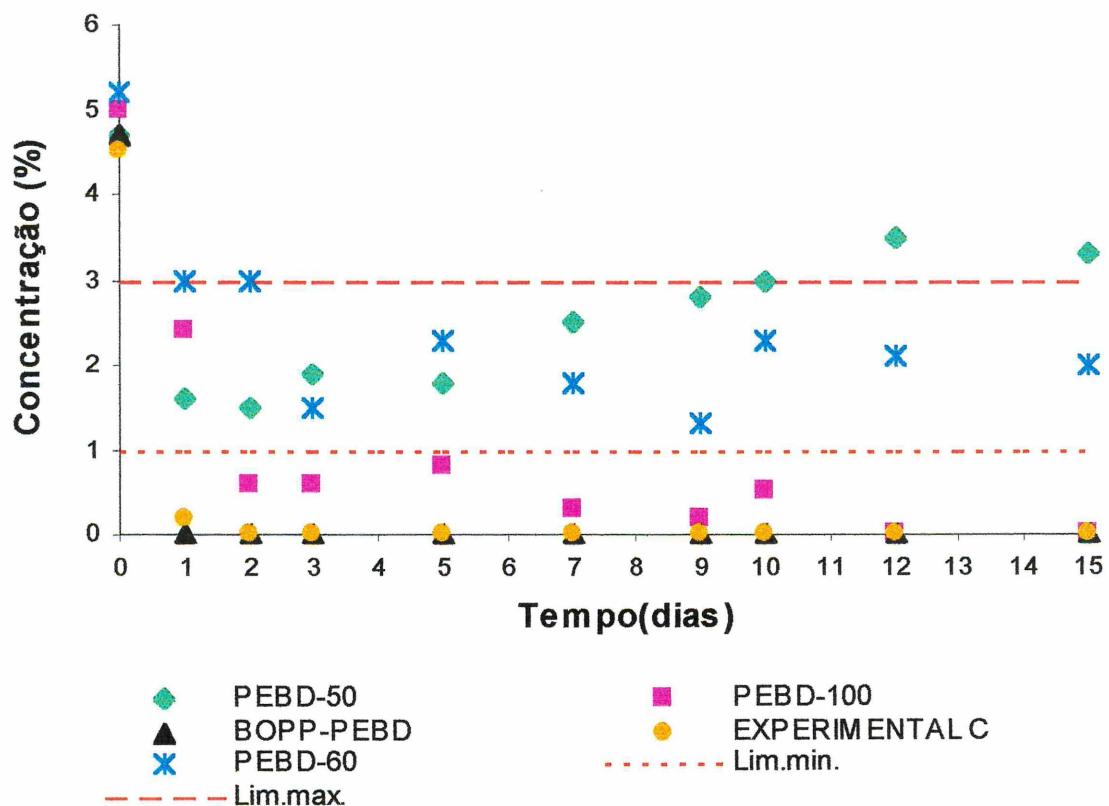
Nas figuras 10 e 11 observa-se a variação do gás quando a composição de atmosfera inicial aplicada foi de 5% de O₂ e 10% de CO₂. Nas figuras 12 e 13 pode-se observar o resultado quando a composição inicial de oxigênio foi de 8% e 10% nos produtos embalados em filme PEBD100 (Tabelas 19 e 20 do Apêndice 1).

Nos filmes BOPP-PEBD e EXPERIMENTAL-C ocorreu um rápido decréscimo do oxigênio e aumento do gás carbônico na embalagem. O consumo de O₂ e a produção de CO₂ pela respiração da alface foram maiores do que a permeabilidade desses gases através do filme, sendo que após um dia de estocagem o nível de O₂ detectado no interior da embalagem foi menor do que um. O reflexo no produto foi negativo (item 4.1.2).

Na embalagem com filme PEBD50 ocorreu um rápido decréscimo no teor de oxigênio inicial nos três primeiros dias, atingindo teores de 1% a 2% em 24 horas, porém a partir do terceiro dia de estocagem houve um aumento gradual, embora lento, do oxigênio (Figura 10). Segundo WILEY (1997) e TEIXEIRA (1993) a redução da temperatura através de refrigeração provoca a diminuição na velocidade de respiração dos vegetais, portanto, no início do armazenamento o vegetal, ainda com temperatura maior do que a da câmara de estocagem (+/-5°C), apresenta maiores taxas de respiração, decrescendo a medida que diminui a sua temperatura. Após o produto ter atingido a temperatura final de refrigeração, a transferência desse gás

para o interior da embalagem passou a ser maior do que a absorção do mesmo pela respiração.

FIGURA 10 - VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE OXIGÊNIO NO INTERIOR DAS EMBALAGENS

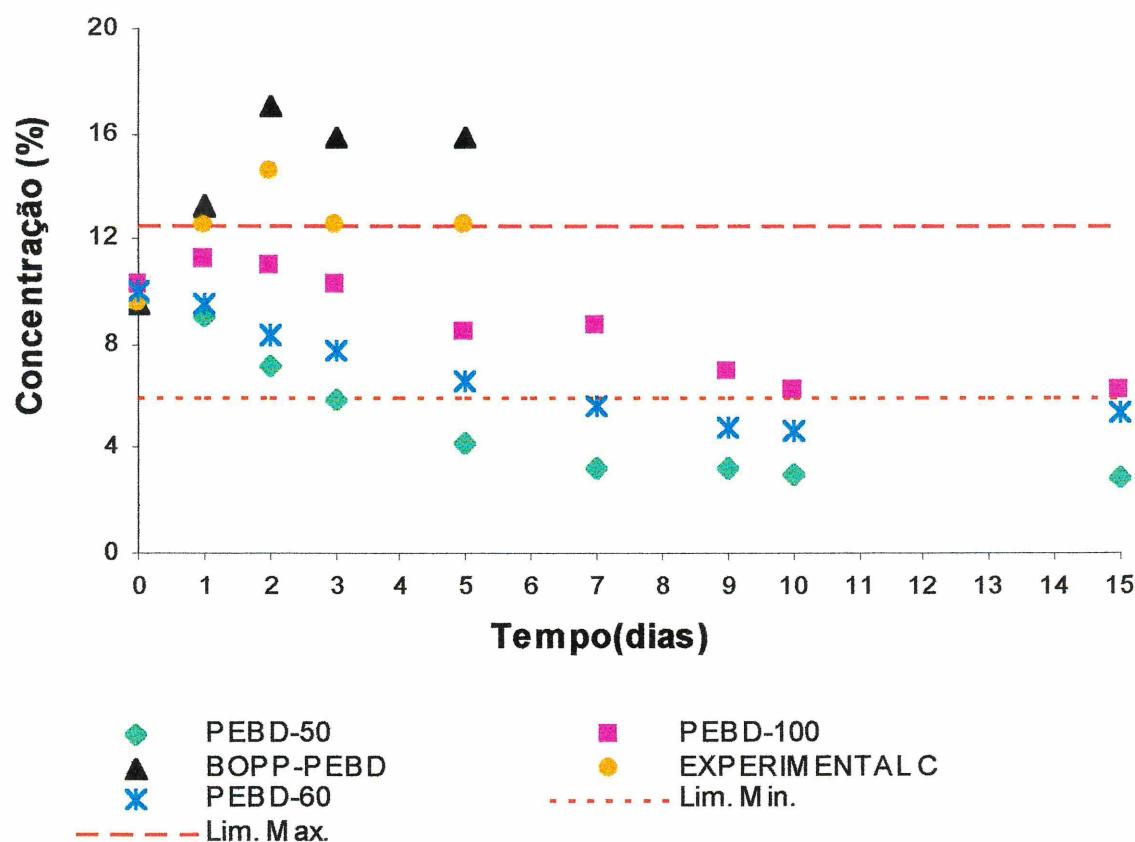


Ainda no filme PEBD50 observou-se uma expressiva redução na concentração do CO₂ inicial de 10% para 5,8% em apenas 3 dias (Figura 11). Portanto a saída do gás de dentro da embalagem para o ambiente foi maior do que a produção do mesmo pela respiração do produto. O mesmo perfil de equilíbrio foi obtido em BALLANTINE et al. (1988) para alface tipo Americana ("Iceberg") acondicionada em filme PEBD 35 µm.

No filme PEBD100, que apresenta maior espessura do que os demais PEBD's (Tabela 8), a transferência do CO₂ interno para o exterior foi menor, mantendo níveis de 7% em até quinze dias (Figura 11). O efeito na aparência foi muito positivo, o que indica que a permeabilidade desse filme ao CO₂ é a mais

adequada ao produto. Porém a permeabilidade ao O₂ nesse caso foi insuficiente, promovendo alterações no aroma e sabor pela formação de um ambiente anaeróbico.

FIGURA 11 - VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE GÁS CARBÔNICO NO INTERIOR DAS EMBALAGENS



O aumento da concentração inicial de O₂ de 5% para 8% e 10% objetivou melhorar a manutenção dos níveis de oxigênio acima de 1%, limite estipulado em KADER et al. (1989) e confirmado em HANZA et al. (1999) para manutenção de um ambiente aeróbio. Mesmo com o aumento do teor inicial de oxigênio para 10%, a partir do sexto dia de armazenamento obteve-se valores menores que 1% no interior da embalagem, sendo que esses valores atingiram o nível zero a partir do sétimo dia (Figuras 12 e 13).

FIGURA 12 - VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE O₂ NO FILME PEBD100

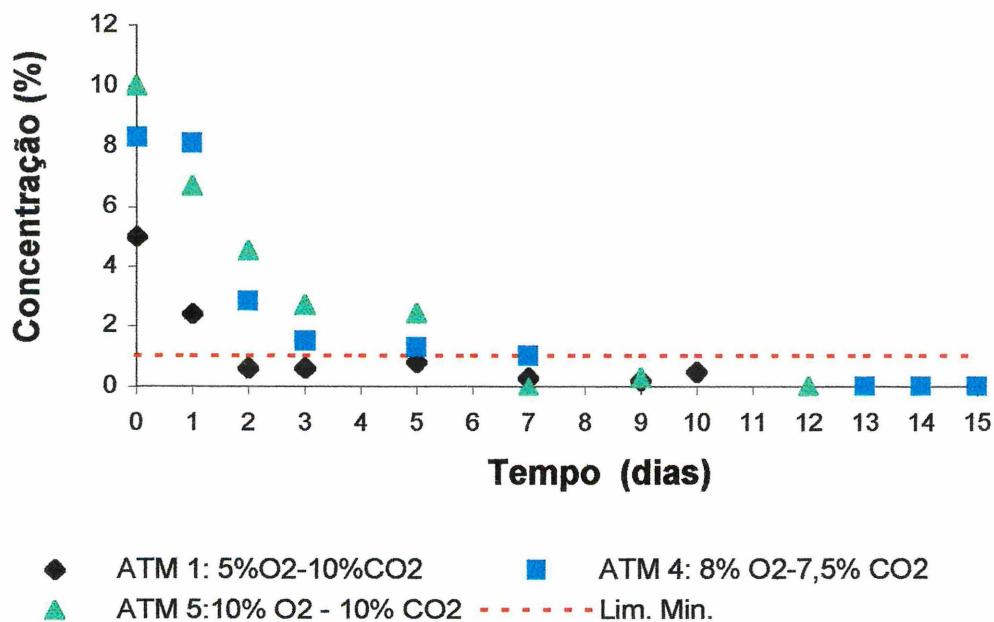
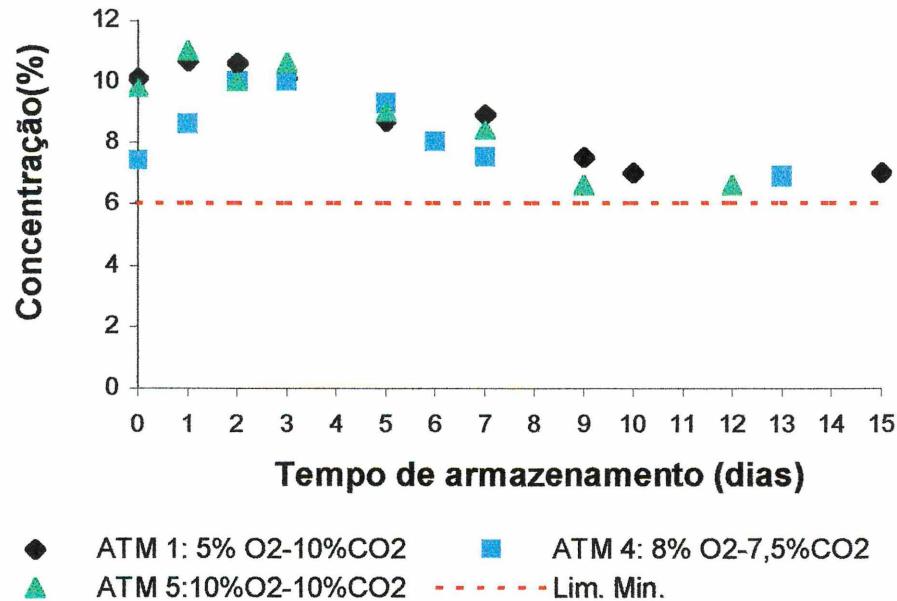


FIGURA 13 - VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE CO₂ NO FILME PEBD100



O filme PEBD60 apresentou um comportamento intermediário em relação aos outros quanto a transferência dos gases, mantendo o teor de oxigênio entre 1 e 3% e o CO₂ em 6% por cerca de sete dias, intervalo de tempo um pouco maior do que aquele alcançado no PEBD50. A retenção do CO₂ no interior da embalagem não foi tão adequada quanto os valores alcançados pelo filme PEBD100, nas mesmas condições, porém minimizaram-se os problemas provocados pela baixa concentração de O₂. Portanto, entre os filmes disponíveis para os testes, o PEBD60 foi considerado o mais adequado para a manutenção de teores desejados de O₂ e CO₂ no interior das embalagens de alface crespa folha inteira.

4.1.2 Aspectos Sensoriais dos Produtos Embalados

Apesar das primeiras séries de avaliação sensorial terem sido iniciadas com o painel não treinado, não houve dificuldades na realização dos testes devido a familiaridade dos atributos avaliados e a simplicidade das observações visuais, sendo que a aparência foi o atributo que mais influenciou na aceitação do produto. A análise de variância das médias dos julgamentos sensoriais indicou homogeneidade nos julgamentos de acordo com o teste de Bartlett a 5% de significância inclusive no início dos testes em todos os atributos avaliados.

Quanto ao atributo “aparência”, nota-se melhor aspecto nos produtos embalados em filme PEBD100, seguido pelo PEBD50 e pelo PEBD60, os quais apresentaram notas adequadas até 10 e 15 dias de armazenamento, respectivamente. O produto embalado no filme perfurado (ar) recebeu notas inferiores ao limite 5 no décimo dia de armazenamento (Tabela 11).

A alta permeabilidade do filme PEBD50 minimizou os efeitos benéficos da AM devido à rápida redução do CO₂ e o progressivo aumento do O₂ (Figura 10 e 11). Por essa razão, a aparência dos produtos acondicionados no filme PEBD50 foi prejudicada principalmente pelo escurecimento enzimático das hastes após o quinto dia de estocagem. Correlacionando-se esse resultado com o nível de CO₂ detectado no pacote no mesmo período, observou-se que abaixo de 6% de CO₂ ocorreu rápido escurecimento dos tecidos brancos da haste. Ainda assim o produto manteve melhores características quando comparado ao filme perfurado que esteve sem ação de AM (Tabela 11).

TABELA 11 - ANÁLISE SENSORIAL DA ALFACE CRESPA MP ARMAZENADA EM FILMES FLEXIVEIS A 5° C

PARÂMETRO	DIA	ATM 1			ATM 2		
		FILME PERFURADO	FILME PEBD50 µm	FILME PEBD60 µm	FILME PEBD 100 µm	FILME BOPP-PE	FILME EXPERIMENTAL-C
Aparência	01	7,364 ^a	6,75 ^a	7,90 ^a	7,375 ^{ab}	7,875 ^a	7,850 ^a
	03	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	7,000 ^a	6,000 ^b
	05	6,318 ^b	6,000 ^{ab}	6,333 ^b	7,500 ^a	1,000 ^b	1,000 ^c
	10	3,556 ^c	5,000 ^{bc}	5,250 ^{bc}	6,375 ^b	i.c.	i.c.-
	15	2,864 ^c	3,667 ^c	4,750 ^c	3,750 ^b	i.c.	i.c.-
Aroma	01	4,136 ^a	4,675 ^a	4,50 ^a	3,875 ^{ab}	4,25 ^a	4,250 ^a
	03	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,429 ^b	2,125 ^b
	05	3,818 ^a	3,750 ^b	4,333 ^a	4,125 ^a	1,000 ^b	1,000 ^c
	10	2,944 ^b	2,583 ^c	2,250 ^b	3,000 ^{bc}	i.c.	i.c.-
	15	1,773 ^c	2,917 ^c	2,500 ^b	2,125 ^c	i.c.	i.c.-
Sabor	01	3,682 ^a	4,167 ^a	4,300 ^a	4,000 ^a	4,375 ^a	4,375 ^a
	03	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	3,000 ^b	2,375 ^b
	05	3,727 ^a	3,875 ^{ab}	3,667 ^{ab}	3,750 ^a	1,000 ^c	1,000 ^c
	10	2,944 ^b	3,167 ^{bc}	3,250 ^b	3,500 ^a	i.c.	i.c.-
	15	1,545 ^c	2,708 ^c	2,750 ^b	1,375 ^b	i.c.	i.c.-
Textura	01	4,409 ^a	4,308 ^a	4,60 ^a	3,875 ^a	4,375 ^a	4,375 ^a
	03	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	3,714 ^b	3,373 ^b
	05	3,864 ^{ab}	-3,586 ^b	4,000 ^a	3,625 ^{ab}	1,000 ^c	1,000 ^c
	10	3,333 ^b	2,917 ^{bc}	3,750 ^{ab}	2,625 ^{bc}	i.c.	i.c.-
	15	2,682 ^c	2,500 ^c	2,500 ^b	2,375 ^c	i.c.	i.c.-

a,b,c – médias da mesma coluna com letras iguais não diferem significativamente ao nível de 5%

n.a. – não analisado

i.c. – impróprio para consumo

No filme PEBD100 a percepção de aromas alterados tanto na abertura do pacote quanto na análise das bandejas a partir do quinto dia de armazenamento descredenciou a sua utilização nos próximos testes, apesar da boa aparência do produto. Nos tratamentos onde o oxigênio inicial foi aumentado para 8 e 10 % buscou-se minimizar esse efeito, porém a rápida metabolização nos primeiros dias de armazenamento anulou o possível benefício do acréscimo inicial do gás em questão. Já nos filmes PEBD50 e 60 não houve alterações significativas de aroma.

No atributo sabor, todos os produtos mantiveram-se adequados por até 10 dias de armazenamento, a partir daí os produtos embalados com filme perfurado apresentaram queda na avaliação sensorial

No atributo textura observou-se pouca diferença entre as amostras.

Nas embalagens compostas pelos filmes BOPP-PEBD e EXPERIMENTAL-C, o desequilíbrio entre a absorção do O₂ pela respiração do vegetal e a baixa permeabilidade desse gás através do filme (Tabela 7) promoveu um ambiente

anaeróbico devido a eliminação total do oxigênio a partir do segundo dia de armazenamento. Iniciou-se então o metabolismo fermentativo com alterações graves no aroma, sabor e na degradação dos tecidos (aparência e textura), que foram detectadas na segunda análise sensorial que correspondeu ao quinto dia de armazenamento.

No filme PEBD60 o nível de oxigênio mantido não promoveu alterações negativas no aroma ou em outros atributos enquanto que a retenção do CO₂ foi suficiente para manter a aparência do produto adequado em até dez dias (Tabela 11). O filme ideal para esse produto deverá mesclar as características de permeabilidade de pelo menos dois dos filmes disponíveis, ou seja, a permeabilidade ao O₂ do filme PEBD60 e ao CO₂ do filme PEBD100. A opção pelo mais adequado dentre os filmes que se testou está baseada em não se promover os efeitos negativos da anaerobiose mantendo o nível máximo de CO₂ possível.

O filme PEBD60 foi então escolhido como o mais adequado dentre os disponíveis para as etapas de estudo com ATM2, com folhas inteiras e picadas:

4.2 EFEITO DA ATMOSFERA MODIFICADA NO FILME PEBD60

Na segunda etapa avaliou-se o comportamento da alface crespa com folhas inteiras e com folhas picadas em diferentes atmosferas modificadas na embalagem PEBD60, conforme metodologia descrita anteriormente.

4.2.1 Alface Crespa com Folhas Inteiras

Os resultados da análise do comportamento da alface MP com folhas inteiras durante o armazenamento estão descritos nos próximos itens.

4.2.1.1 Variação da composição da atmosfera no interior da embalagem

Os produtos embalados em filme PEBD60 com AM nas proporções descritas na Tabela 7 (ATM1, ATM2 e ATM3) apresentaram variação da concentração gasosa no interior do pacote no decorrer do período de armazenamento descritas nas Figuras 14 e 15 e na Tabela 21 do Apêndice 1.

Quanto à evolução do CO₂ no interior das embalagens, observa-se que foi mantido um diferencial significativo entre os níveis de CO₂ ATM1 e ATM2 até sete

dias de armazenamento, convergindo para um valor comum (5%) a partir do décimo dia.

FIGURA 14 - VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE OXIGÊNIO NA EMBALAGEM PEBD60

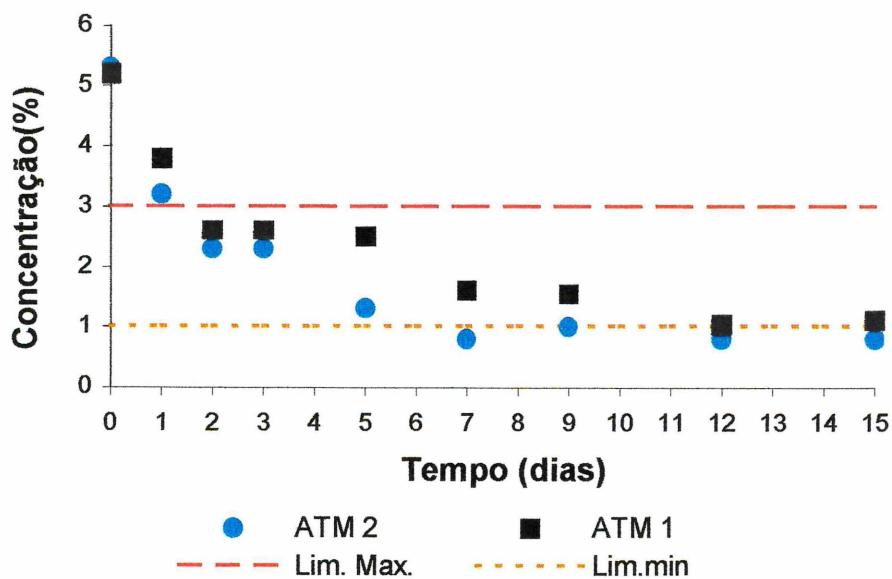
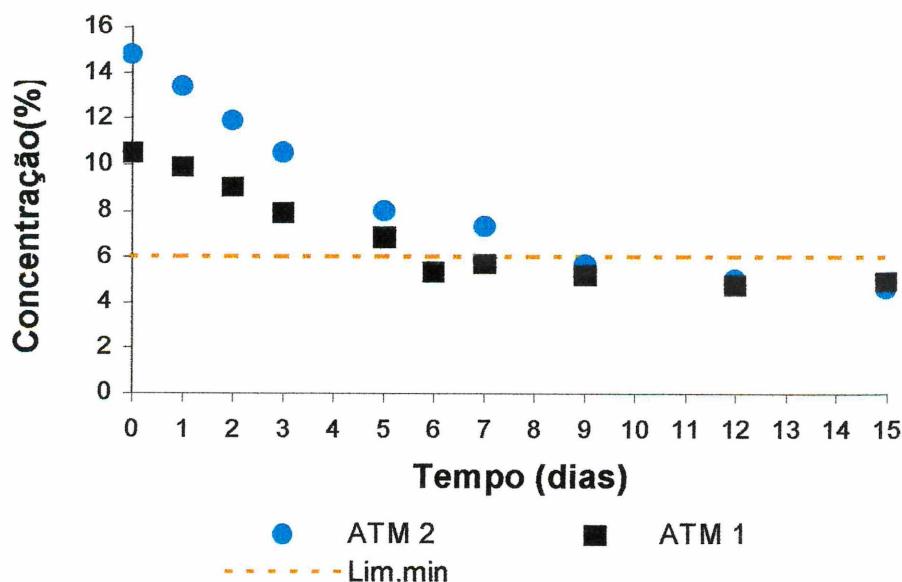


FIGURA15 - VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DO CO₂ NA EMBALAGEM PEBD60



A queda na concentração do CO₂ foi mais rápida no ATM2. Esse fato pode ser explicado pela relação direta entre permeabilidade do filme e pressão de gás permeante.

A concentração do O₂ manteve-se adequada por sete dias (maior que 1%), porém a partir daí entrou na fase crítica de pouco teor de oxigênio que pode afetar a qualidade do produto.

4.2.1.2 Aspectos sensoriais dos produtos embalados

Nessa etapa, compararam-se os três produtos provenientes dos tratamentos ATM1, ATM2 e ATM3 (ar) a cada dia de armazenamento.

Determinou-se em que ponto do armazenamento os tratamentos apresentaram diferença significativa a 5% no teste de F para um Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) através da comparação de média por TuKey, também a 5% (Tabela 12). A análise de variância das médias indicou homogeneidade dos julgamentos a 5% de significância, segundo o teste de Bartlett.

TABELA 12 - AVALIAÇÃO SENSORIAL DA ALFACE CRESPA ARMAZENADA EM FILME PEBD60 DURANTE A VIDA ÚTIL

ATRIBUTOS	ATMOSFERAS MODIFICADAS	DIAS DE ARMAZENAMENTO			
		01	05	10	15
Aparência	ATM 1	8,375 ^{ns}	7,250 ^a	5,417 ^a	4,750 ^b
	ATM 2	8,333 ^{ns}	7,792 ^a	6,000 ^a	5,700 ^a
	ATM 3(ar)	7,833 ^{ns}	6,083 ^b	3,500 ^b	2,583 ^c
Sabor	ATM 1	4,375 ^{ns}	3,958 ^{ab}	3,333 ^{ns}	3,375 ^a
	ATM 2	4,417 ^{ns}	4,400 ^a	3,417 ^{ns}	3,000 ^a
	ATM 3(ar)	4,500 ^{ns}	3,583 ^b	3,167 ^{ns}	1,167 ^{ns}
Aroma	ATM 1	4,542 ^{ns}	4,125 ^{ns}	2,833 ^{ns}	3,167 ^a
	ATM 2	4,458 ^{ns}	4,400 ^{ns}	2,917 ^{ns}	2,700 ^a
	ATM 3(ar)	4,500 ^{ns}	3,917 ^{ns}	3,000 ^{ns}	1,330 ^b
Textura	ATM 1	4,500 ^{ns}	4,125 ^{ns}	3,417 ^{ns}	2,917 ^{ns}
	ATM 2	4,458 ^{ns}	3,850 ^{ns}	3,500 ^{ns}	2,800 ^{ns}
	ATM 3(ar)	4,667 ^{ns}	3,417 ^{ns}	3,583 ^{ns}	2,750 ^{ns}
E.E.F.	ATM 1	7,833 ^{ns}	7,667 ^{ab}	5,571 ^a	4,778 ^{ab}
	ATM 2	7,917 ^{ns}	8,333 ^a	6,143 ^a	5,200 ^a
	ATM 3(ar)	8,000 ^{ns}	7,167 ^b	3,000 ^b	3,400 ^b
E.E.H	ATM 1	8,917 ^a	7,333 ^b	6,571 ^{ab}	5,300 ^a
	ATM 2	8,833 ^a	8,833 ^a	5,143 ^a	6,000 ^a
	ATM 3(ar)	7,500 ^b	6,167 ^b	3,833 ^b	4,000 ^b

ns- não significativo

a,b,c – médias da mesma coluna com letras iguais não diferem significativamente ao nível de 5%

No atributo aparência observa-se a superioridade do tratamento ATM2, seguido pelo ATM1 e por último pelo ATM3(ar).

Na comparação de médias constata-se que essa diferença se torna significativa para o tratamento ATM3 a partir do quinto dia de estocagem. Os tratamentos ATM1 e ATM2 se distanciam significativamente no décimo-quinto dia, sendo que a média alcançada pelo segundo tratamento mostra que o produto manteve sua qualidade adequada até esse dia. O tratamento ATM1 manteve-se acima do limite estabelecido (cinco pontos na escala hedônica) em até dez dias e o terceiro tratamento (ATM3) apenas por cinco dias. Comparando esse resultado com a análise de defeitos (Tabela 12), observa-se o aumento das alterações enzimáticas no tratamento três a partir do primeiro dia de armazenamento, sendo rejeitado pelo excesso de defeitos E.E.F. e E.E.H. no décimo dia.

Quando a incidência dos defeitos E.E.H. e E.E.F. é alta, a aparência fica prejudicada recebendo pontuação baixa, indicando que o escurecimento da haste e das folhas são importantes na aceitação dos produtos. O resultado da análise de defeitos foi similar ao da aparência. O tratamento 2 não apresentou sinal de E.E.H. até o quinto dia porém na décima avaliação já apresentava relevante quantidade de escurecimentos desse tipo. Portanto a oxidação enzimática teve início entre o quinto e o décimo dia de armazenamento, onde houve a queda do teor de gás CO₂ no interior do pacote (Figura 15). No ATM1 a ação enzimática já é notada a partir do quinto dia, sendo mais intensa também a partir do décimo dia. No produto armazenado com ar (ATM3) o escurecimento enzimático das hastes inicia-se já no primeiro dia.

No atributo sabor, os tratamentos um e dois não apresentaram diferenças significativas entre si durante a avaliação. O tratamento três apresentou queda significativa na avaliação de sabor em relação aos demais no quinto dia de armazenamento. Essas alterações foram menos evidentes no atributo aroma, sendo notadas apenas no décimo-quinto dia. De todos os tratamentos, apenas os produtos do ATM3 ou seja, sem modificação da atmosfera, atingiram avaliações abaixo do limite dois após dez dias de estocagem (Tabela 12).

Não houve diferença significativa entre as amostras no atributo textura, sendo que a queda da pontuação no decorrer do armazenamento foi similar para todos os tratamentos, sendo que até o décimo-quinto dia as avaliações foram acima do limite mínimo desejável para esse atributo.

Portanto, a superioridade da qualidade dos produtos tratados em AM em relação ao produto sem tratamento foi significativa a partir do quinto dia de avaliação nos atributos relacionados com a aparência, defeitos (E.E.F., E.E.H.) e sabor, não se observando alterações devido ao baixo nível de oxigênio detectado no "head space" a partir do sétimo dia.

4.2.1.3 Aspectos microbiológicos dos produtos embalados

O controle da carga microbiológica foi realizado apenas nas folhas inteiras, na segunda fase. Os resultados obtidos nas análises microbiológicas estão descritos nas tabelas 13 e 14.

Na contagem de bactérias mesófilas observa-se que em até dez dias de armazenamento o crescimento foi similar entre os tratamentos. No décimo-quinto dia houve um decréscimo de dois ciclos logarítmicos na concentração de bactérias nos tratamento ATM2 enquanto que no ATM1 a redução foi de apenas um ciclo logarítmico e no ATM3 não houve redução.

Na contagem de fungos esse efeito se repetiu novamente no ATM2, onde se iniciou com maior quantidade de CO₂. A contagem de fungos foi reduzida em dois ciclos logarítmicos. A redução dos fungos ocorreu de forma menos intensa nos tratamentos ATM1 e ATM3, apenas de um ciclo logarítmico.

TABELA 13 - CONTAGEM TOTAL DE BACTÉRIAS MESÓFILAS EM ALFACE CRESPA FOLHA INTEIRA

TEMPO	TRATAMENTOS		
	ATM1 (1)	ATM2 (2)	ATM3 (ar)
0	1,12E+04	1,12E+04	1,12E+04
5	8,77E+05	3,32E+05	9,60E+05
10	1,55E+08	1,35E+08	5,10E+07
15	2,10E+07	2,90E+06	2,50E+07

TABELA 14 - CONTAGEM TOTAL DE FUNGOS EM ALFACE CRESPA FOLHA INTEIRA

TEMPO	TRATAMENTOS		
	ATM1 (1)	ATM2 (2)	ATM3 (ar)
0	3,90E+03	3,90E+03	3,90E+03
5	4,25E+05	1,65E+05	2,55E+04
10	6,53E+07	1,42E+08	7,30E+07
15	1,60E+06	4,10E+06	5,90E+06

Devemos considerar a influência da fase de aceleração de morte da curva de crescimento dos microrganismos na redução da carga microbiana total, isto é, depois de um crescimento acelerado a carga microbiana se estabiliza para, em seguida, iniciar a fase morte ou decréscimo de numero de células viáveis devido, entre outras condições, à falta de substrato ou de oxigênio (microrganismos aeróbios). Nas condições do produto não se observou degradação total do vegetal durante as análises microbiológicas que justificasse uma redução das colônias por falta de substrato nem eliminação do O₂. Portanto a modificação da atmosfera em ATM2 atuando diretamente na redução das reações enzimáticas e no envelhecimento dos tecidos influenciou na redução das células de microrganismos viáveis.

Segundo KADER (1986), o efeito fungicida do CO₂ depende da espécie de fungo existente na flora e da concentração do gás, sendo que níveis abaixo de 1% ou acima de 10% promovem significante redução do crescimento de fungos. Esse resultado foi confirmado por Barriga et al. (1991) em alface /cegerg MP estocada sob AC (3% O₂ e 10% de CO₂). Porém JACXSENS et al. (1999) analisando diferentes vegetais MP notificou que em baixas concentrações de CO₂ (2 - 3%) a influência da AM na qualidade microbiológica não foi sempre óbvia, porém notou a extensão da fase lag no crescimento de microrganismos deteriorantes em alface “Iceberg”.

Portanto ao manter-se maiores concentrações de CO₂ durante todo o armazenamento pode-se otimizar esse efeito da AM sobre os fungos, reduzindo mais significativamente o crescimento das colônias em relação ao produto sem AM.

Os resultados obtidos tanto no início do armazenamento (tempo zero) como no décimo-quinto dia estão dentro dos limites de aceitação segundo os critérios microbiológicos para vegetais pronto para consumo da Bélgica e na França (DEBEVERE, J. 1996, citado por JACXSENS et al. 1999), demonstrando que o processamento adotado foi efetivo na obtenção de produtos adequadamente higienizados.

4.2.1.4 Determinação de sólidos solúveis e pH

Os resultados das determinações durante o armazenamento estão descritos na Tabela 15.

TABELA 15 - SÓLIDOS SOLÚVEIS (°Brix) E pH DA ALFACE FOLHA INTEIRA

TEMPO (DIAS DE ARMAZENAMENTO)	PRODUTO			
	SS (%)		pH	
	ATM3	ATM2	ATM3	ATM2
0	4,2	4,2	6,2	6,2
3	4,0	4,2	6,2	6,4
7	4,0	4,2	6,2	6,4
10	3,8	4,0	6,2	6,4
15	3,8	4,0	6,2	6,4

Observa-se que na alface com folhas inteiras o produto envasado em ATM2 apresentou menor variação de sólidos solúveis do que aquele mantido em ATM3 ou ar. Nesse último tratamento nota-se maior decréscimo da curva de sólidos.

A redução da intensidade respiratória deve influenciar na transformação dos carboidratos em energia, inerente do metabolismo da respiração. Os resultados mostram que houve um decréscimo menos acentuado dos sólidos solúveis, entre eles os açucares, nos produtos em AM, confirmando que está ocorrendo a redução do metabolismo respiratório que justifica os positivos resultados sensoriais alcançados nos produtos armazenados nessa condição. O mesmo comportamento foi obtido por BOLIN e HUXSOLL (1991) em alface "Iceberg" MP sob refrigeração e em LÓPEZ-GÁLVES et al. (1997) com alface romana e Iceberg.

Quanto às determinações de pH, os resultados descritos na Tabela 15 mostram que não houve variação no pH dos produtos armazenados em ATM3, enquanto que naqueles acondicionados em ATM2 houve um acréscimo inicial que se manteve nos dias subseqüentes de estocagem.

4.2.2 Alface Crespa com Folhas Picadas

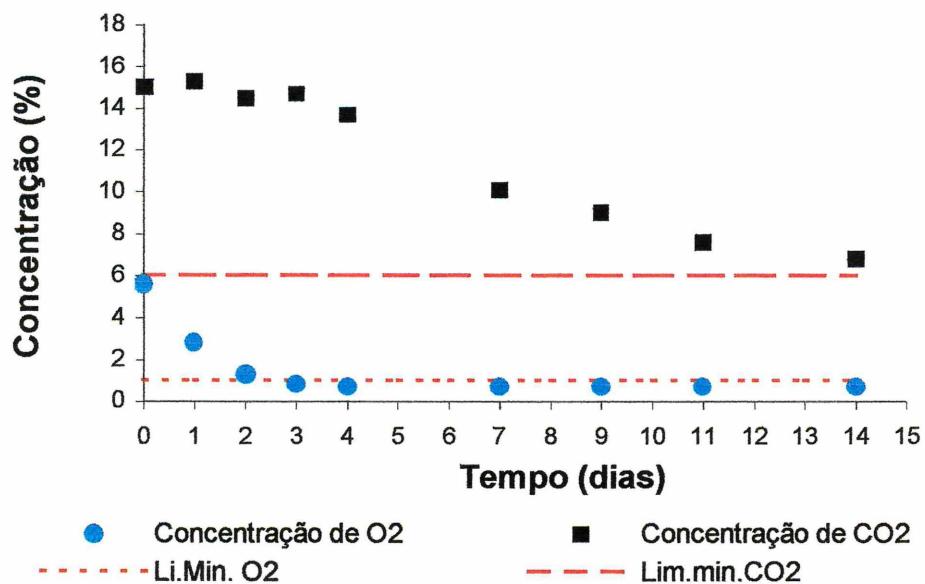
Os resultados das avaliações realizadas com a alface crespa MP picada estão descritos nos itens a seguir.

4.2.2.1 Variação da composição da atmosfera no interior do pacote

A ATM2 (5% O₂ e 15% de CO₂) foi aplicada também no envase da alface crespa picada devido aos resultados obtidos no tratamento das folhas inteiras. A

análise da variação do gás durante o armazenamento refrigerado pode ser visto na Figura 16 e na Tabela 22 do Apêndice 1.

FIGURA 16 - VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE O₂ E CO₂ NOS FILMES PEBD60 COM ALFACE PICADA

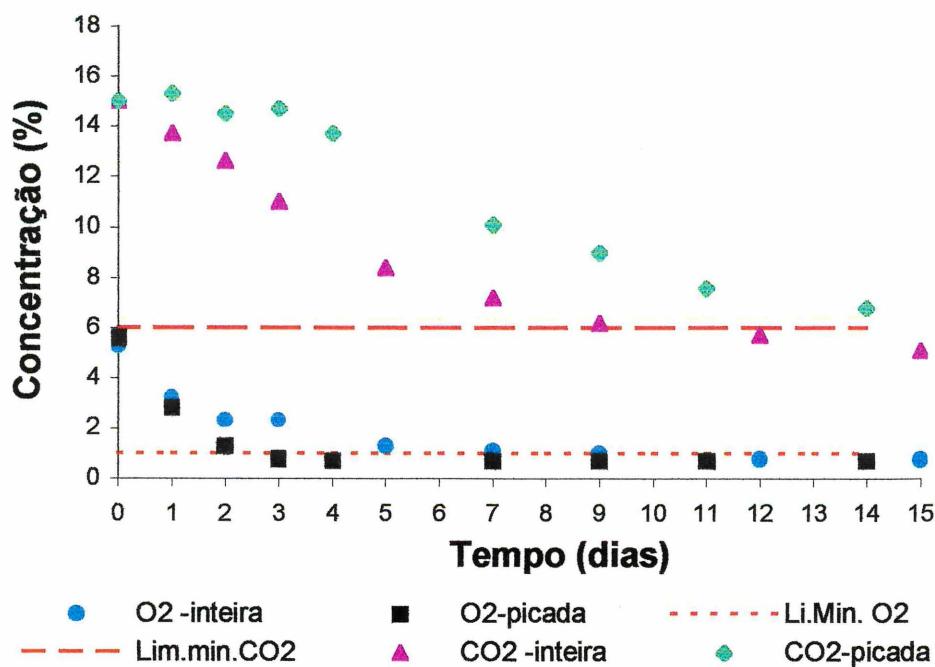


Houve uma rápida metabolização no teor de O₂, atingindo em três dias o nível de 0,8% mantendo em 0,7% após 5 dias, ou seja, a velocidade de respiração e a taxa de transmissão de oxigênio através do filme se equivaleram após esse período até o final da avaliação. Nas folhas inteiras esse equilíbrio ocorreu após sete dias de estocagem também em 0,8%. O nível de CO₂ decresceu durante todo o armazenamento, não apresentando indício de estabilidade até o último dia de avaliação onde o teor encontrado foi de 6,8%.

Nas folhas inteiras a concentração de CO₂ no interior da embalagem decresceu ainda mais rápido do que na picada, atingindo no sétimo dia de armazenamento valores próximos a 6%. O filme utilizado foi o mesmo nas duas condições (folha picada e inteira), então a diferença entre as atmosferas no “head space” pode ser devida à diferenças no metabolismo de respiração dos produtos, confirmando os trabalhos de BARRIGA (1991), O’BEIRNE (1990), BOLIN e HUXSOLL (1991) e a revisão de WILEY (1997), onde os autores detectaram um aumento na taxa de respiração de produtos cortados em relação aos inteiros,

desprezando-se, para essa conclusão, um possível efeito da variação da concentração ou pressão dos gases durante o armazenamento(Figuras 16 e 17).

FIGURA 17 - VARIAÇÃO DE O₂ E CO₂ EM ALFACE MP COM FOLHAS INTEIRAS E PICADAS EM ATM2



4.2.2.2 Aspectos sensoriais da alface crespa picada

De acordo com os resultados das avaliações sensoriais descritos na Tabela 16, pode-se observar a relação entre a aparência e os defeitos E.E.H. e E.E.F. Na medida em que aumenta a incidência dos defeitos decresce a qualidade visual (avaliada no atributo aparência). Até o quinto dia de armazenamento o tratamento ATM2 manteve a aparência do produto em níveis adequados, enquanto que no tratamento ATM3 (ar) a incidência do E.E.H. prejudicou o visual.

No nono dia de avaliação observou-se que o produto em ATM2 apresentou queda na avaliação de aparência provocada pelo aumento da incidência do defeito E.E.F. A degradação das folhas ocorreu também no ATM3 porém de forma menos intensa. Nesse último o escurecimento da haste foi o fator responsável pela aparência inadequada. Nesse período de estocagem os produtos, nos dois tratamentos, receberam notas gerais de aparência semelhantes, porém devido a defeitos diferentes.

TABELA 16 - AVALIAÇÃO SENSORIAL DA ALFACE PICADA E ARMAZENADA EM FILMÉ PEBD60 DURANTE A VIDA ÚTIL

ATRIBUTOS	ATMOSFERA MODIFICADA	DIAS DE ARMAZENAMENTO			
		01	05	09	11
Aparência	ATM2	8,500 ^{ns}	8,170 ^a	5,500 ^{ns}	5,500 ^a
	ATM3(ar)	8,333 ^{ns}	5,160 ^b	5,170 ^{ns}	4,170 ^b
E.E.H.	ATM2	8,830 ^{ns}	8,170 ^a	6,670 ^a	7,170 ^a
	ATM3(ar)	8,670 ^{ns}	4,670 ^b	3,830 ^b	2,830 ^b
E.E.F	ATM2	8,170 ^{ns}	8,000 ^a	3,830 ^b	4,670 ^{ns}
	ATM3(ar)	8,000 ^{ns}	6,670 ^b	5,830 ^a	4,830 ^{ns}
Aroma	ATM2	4,500 ^{ns}	2,330 ^b	2,170 ^b	1,500 ^b
	ATM3(ar)	4,830 ^{ns}	3,330 ^a	3,500 ^a	2,670 ^a
Sabor	ATM2	4,330 ^{ns}	3,000 ^{ns}	2,500 ^{ns}	1,080 ^b
	ATM3(ar)	4,483 ^{ns}	3,170 ^{ns}	2,920 ^{ns}	2,330 ^a
Textura	ATM2	4,500 ^{ns}	3,500 ^{ns}	2,670 ^{ns}	2,500 ^{ns}
	ATM3(ar)	4,670 ^{ns}	3,333 ^{ns}	3,333 ^{ns}	2,830 ^{ns}

ns- não significativo

a,b,c - médias da mesma coluna com a mesma letra não diferem significativamente ao nível de 5%

No décimo primeiro dia o ATM3 apresentou média ainda menor do que o ATM2 no atributo aparência, indicando que o efeito visual do defeito E.E.H. foi mais incisivo na influência negativa do atributo aparência, principalmente devido a quantidade, pois na alface picada ocorre maior exposição de pedaços de tecidos brancos (haste) propiciando maior área sensível à esse tipo de oxidação.

Os níveis de CO₂ mantidos durante todo o período de estocagem permitiram a atuação anti-enzimática desse gás no ATM2.

A partir do quinto dia o produto acondicionado em ATM2 apresentou significativa alteração no aroma o que não foi notado naquele envasado em ATM3. Analisando a Figura 17 observou-se que a partir do terceiro dia o teor de oxigênio no interior dos sacos era menor que 1%. Esse baixo nível pode ser considerado como o fator responsável pelo desenvolvimento de odores não característicos e pelo rápido inicio de degradação das folhas perceptíveis nas avaliações dos atributos aroma e defeitos E.E.F. (Tabela 16), confirmando os resultados encontrados em HANZA et al. (1996) devido ao início da respiração anaeróbica.

Uma alteração no sabor já foi percebida no nono dia de estocagem, porém estatisticamente não foi significativa. No décimo primeiro dia de estocagem, onde o

produto apresentou evidentes sinais de fermentação com alterações fortes tanto no aroma quanto no sabor, foi rejeitado pelos provadores.

No atributo textura não houve diferença entre as amostras indicando que a embalagem em AM não influencia significativamente essa característica. A perda de textura durante o armazenamento foi pouco significativa indicando que a embalagem apresentou barreira adequada à perda de vapor de água.

As avaliações sensoriais não continuaram após o décimo primeiro dia devido aos atributos aroma e sabor que receberam no tratamento ATM2 pontuação menor do que dois, sendo rejeitadas pelo painel e também pela aparência inadequada principalmente do ATM3.

Até o quinto dia de armazenamento o tratamento ATM2 manteve médias de avaliações dos produtos significativamente superiores em todos os atributos (exceto aroma), porém a partir dessa data os efeitos do baixo teor de O₂ foram significativamente maiores do que os benefícios da AM.

A baixa permeabilidade do filme ao O₂ em relação ao consumo devido à respiração do produto promoveu uma redução desse gás a níveis inferiores do que o desejado para que a respiração ocorresse, prejudicando o benefício da AM na conservação do vegetal. Apesar desse desequilíbrio quanto ao O₂ a concentração de CO₂ mantida na embalagem foi suficiente para preservação dos tecidos brancos sem escurecimento enzimático durante todo o armazenamento.

Observa-se que a utilização da mesma embalagem para acondicionar a alface nas duas condições testadas não foi ideal. O aumento da taxa de respiração da picada em relação à folhas inteiras (duas vezes e meia maior, segundo análise respirométrica detalhada no próximo item), influenciou significativamente o resultado final. Para que se obtenha um nível adequado de oxigênio no interior das embalagens do produto picado é necessário utilizar um filme com maior permeabilidade a esse gás, mantendo a permeabilidade ao CO₂.

4.2.2.3 Determinação de sólidos solúveis e pH

Os resultados das determinações durante o armazenamento estão descritos na Tabela 17.

Da mesma forma que no produto com folhas inteiras, o produto envasado em ATM2 com folhas picadas apresentou menor variação de sólidos solúveis do que aquele mantido em ATM3 ou ar.

TABELA 17 - SÓLIDOS SOLÚVEIS (°Brix) E pH DA ALFACE PICADA

TEMPO (DIAS DE ARMAZENAMENTO)	PRODUTO			
	SS (%)		pH	
	ATM3	ATM2	ATM3	ATM2
0	4,2	4,2	6,2	6,2
3	3,9	4,2	6,2	6,5
7	3,7	4,0	6,0	6,4
10	3,5	3,8	6,2	6,4

Com a alface picada o efeito de redução da taxa de respiração provocado pela AM também foi detectado pela menor redução no decréscimo do teor de sólidos solúveis no armazenamento.

Porém, a redução da variação dos sólidos solúveis foi mais acentuada na alface inteira (Tabela 15) nas mesmas condições do que na picada. O baixo teor de oxigênio nas embalagens de alface picada a partir do quinto dia propiciou a substituição da respiração pelo processo anaeróbico ou fermentação que também consome os carboidratos dos tecidos. Observa-se que a partir desse tempo de estocagem houve um decréscimo mais acentuado no teor de sólidos solúveis.

Não houve variação no pH dos produtos armazenados em ATM3, enquanto que naqueles acondicionados em ATM2 houve um acréscimo inicial que se manteve nos dias subsequentes de estocagem.

4.3 RESPIROMETRIA

Os resultados da análise cromatográfica foram trabalhados estatisticamente e as médias das determinações correspondem à variação dos gases O₂ e CO₂ ocorridas devido à respiração dos produtos e estão relacionadas na Tabela 18.

TABELA 18 - TAXA DE RESPIRAÇÃO DA ALFACE CRESPA FOLHA INTEIRA E PICADA

PRODUTO	O ₂ CONSUMIDO (ml/ h. Kg à 20°C)				CO ₂ PRODUZIDO ¹ (ml/h.kg a 20°C)
	Media	n ²	DP ³	CV ⁴ (%)	
Alface crespa folha inteira	23,75	13	5,63	23,7	16,62 – 23,75
Alface crespa folha picada	57,37	13	9,3	16,20	40,16 – 57,37

¹ Calculado conforme a equação: QR = [CO₂]/[O₂] ~ 0,7 - 1,0 (condições aeróbias para vegetais ricos em carboidratos e ácidos orgânicos) (SIGRIST, 1986)

² n: numero de determinações

³ DP: Desvio padrão

⁴ CV: Coeficiente de Variância

O consumo de oxigênio da alface picada foi cerca de 2,5 vezes maior do que o consumo da alface com folha inteira. De acordo com YILDIZ (1997) e O'BEIRNE (1990) o corte ou redução em pedaços provoca o aumento da taxa de respiração dos vegetais devido a uma barreira menos eficiente a difusão dos gases e a maior exposição dos componentes intracelulares, entre eles as enzimas, que atuam sobre os tecidos lesados mais intensamente.

Os resultados da respirometria auxiliam o entendimento da resposta diferenciada da composição gasosa do "head space" da alface com folhas inteiras e picadas numa mesma embalagem, sob as mesmas condições de atmosfera. Nessas condições ocorreu um consumo mais acelerado de oxigênio na alface picada.

5 CONCLUSÃO

1. Os filmes exercem uma influência significativa na manutenção da mistura gasosa no interior da embalagem, sendo necessário para alface crespa MP embalagem com alta permeabilidade ao O₂. Mesmo com as limitações que, de uma forma geral os filmes avaliados apresentaram, foi possível observar o efeito benéfico da AM no produto. Dentre aqueles testados o filme PEBD60 foi o que melhor se adaptou ao processo de trocas gasosas entre a respiração do produto e a permeabilidade do filme, embora ele ainda apresente limitações na manutenção do CO₂ no interior da embalagem para folhas inteiras. Para folhas picadas esse filme não é adequado pois, nesse caso, a sua permeabilidade ao O₂ foi insuficiente.
2. Devido à relação de permeabilidade entre CO₂ e O₂ do PEBD ser maior do que um, esse filme sempre apresentará limitações na sua utilização para envase de vegetais em AM que precise manter níveis maiores de CO₂ em relação ao O₂, como é o caso do alface crespa.
3. O limite da ação efetiva da AM está diretamente relacionado com a manutenção, no interior da embalagem, de no mínimo 6% de CO₂ e de 1% de O₂. Para o alface com folhas inteiras essa condição foi melhor obtida com o uso do filme PEBD60 em ATM2 (5% O₂ e 15% CO₂).
4. Em alface com folhas inteiras acondicionadas com ATM2 obteve-se um acréscimo de cinco dias na vida-útil em relação ao produto sem AM. A vida-útil do produto foi determinada pelas alterações sensoriais sendo a aparência o primeiro fator limitante na aceitação do produto, seguido pelo sabor e aroma. Uma maior adequação das taxas de permeabilidade do filme PEBD60 reduzindo a perda do CO₂ poderá ainda melhorar esse resultado.
5. O controle do crescimento microbiano pela AM foi limitado devido a baixa concentração do CO₂ mantida no interior da embalagem. Esse efeito também poderá ser otimizado com a adequação da permeabilidade do filme para minimizar a perda desse gás para o ambiente externo.
6. A alface processada apresentou baixos índices de contaminação microbiana, respeitando os limites máximos aceitos internacionalmente.

7. O filme ideal para a alface crespa MP folhas inteiras deverá apresentar características de permeabilidade correspondentes aos filmes PEBD50 e PEBD60 para O₂ e PEBD100 para CO₂. Nessa condição o teor inicial de CO₂ poderá ser reduzido para 10%, sendo indicado a aplicação da ATM1.
8. Para alface crespa com folhas picadas a permeabilidade do filme quanto ao O₂ deverá ser maior do que aquela apresentada pelo filme PEBD60. Quanto ao CO₂, a permeabilidade desse filme já apresentou ação anti-oxidante, porém poderá ainda ser ainda otimizada em valores menores de permeabilidade a esse gás. Com a adequação da permeabilidade será possível reduzir a concentração inicial de CO₂ na mistura gasosa para 10%, aplicando-se a ATM1.

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Determinar permeabilidade dos filmes e taxa de respiração a temperaturas de armazenamento.
- Ampliar o estudo para outros tipos de vegetais MP, avaliando os efeitos em diferentes produtos, classificados de acordo com as respectivas taxas de respiração.
- Estudar a influência de temperaturas de refrigeração mais elevadas na atuação da AM simulando as variações ambientais de temperatura no verão, época crítica para distribuição e comercialização dos produtos.
- Desenvolver modelos matemáticos para minimizar o esforço experimental na definição de embalagens e condições de atmosfera modificada adequadas aos diferentes produtos agrícolas MP.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ANONYMOUS. Guide de bonnes pratiques hygiéniques concernant les produits végétaux prêts à l'emploi, dits de la "IV gamme", approuvé le 1 aout 1988 par le directeur général de la Concurrence, de la Consommation et de la Répression des Fraudes. **Bull. Off. Rep. Franca**, 48:221.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Bacteriological analytical manual**. 8. ed. Gaithersburg, MD, USA: FDA-US, revisão A, 1998.

APHA. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4. ed. Washington, DC, Edited by: Frances Pough Downes, Keith Ito, 2001.

BALLANTYNE, A.; STARK, R.; SELMAN, J.D. Modified atmosphere packaging of shredded lettuce. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 23, p. 267-274, 1988.

BALMORE, C.R. Packaging technology for fresh and minimally processed fruits and vegetables. Food & Nutrition Press, Inc., Westport, Connecticut, **Journal of Food Quality**, v. 10, p. 207-217, 1987.

BARRIGA, M.I.; TRACHY G.; WILLEMONT, C.E; SIMARD, R.E. Microbial changes in shredded iceberg lettuce stored under controlled atmospheres. **Journal of Food Science**, v. 56, n. 6, p. 1586-1588, 1991.

BEAUDRY, R.M. Effect of O₂ and CO₂ partial pressure on selected phenomena affecting fruit and vegetable quality. **Postharvest Biology and Technology**, v. 14, p.293-303, 1999.

BENNIK, M.H.J.; VORSTMAN, W.; SMID, E.J.; GORRIS, G.M. The influence of oxygen and carbon dioxide on growth of prevalent Enterobacteriaceae and *Pseudomonas* species isolated from fresh and controlled-atmosphere-storage vegetables. **Food Microbiology**, v. 15, p. 459-469, 1998.

BERRANG, E.M.; BRACKETT, R.E.; BEUCHAT, L.R. Growth of *Aeromonas Hydrophila* in fresh vegetables stored under a controlled atmosphere. American Society for Microbiology, **Applied and Environmental Microbiology**, v. 55, n. 9, p. 2167-2171, 1989.

BOLLIN, 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(1), p. 60-67, 1991.

BOLLIN, H.R.; HUXSOLL, C.C. Storage stability of minimally processed fruit. **Journal of Food Processing and Preservation**, n. 13, p. 281-292, 1989.

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

BRASIL. Resolução n.º 12, de 02 de janeiro de 2001. Regulamento Técnico sobre os Padrões Microbiológicos para Alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 10 jan. 2001. n. 7, p. 45-53, Seção 1.

BRECHT, E.P. Use of controlled atmospheres to retard deterioration of produce. **Food Technology**, p. 45-50, março, 1980.

BRODY, A.L. **Envasado de alimentos en atmósferas controladas e modificadas y a vacío**. Zaragoza: Ed. Acribia, 1996.

CANTWELL, M.; SUSLOW, T. Lettuce crisphead or iceberg. recommendation for maintaining postharvest quality. **Postharvest Technology Research and Information Center – Department of Pomology**. Disponível em: <<http://Produce/ProduceFacts/Veg/lettuce.html>> Acesso em: 29 out. 2001.

CARLING, F.; NGUYEN-THE, C. Fate of Listéria monocytogenes on four types of minimally processed green salads. **Letters in Applied Microbiology**, v. 18, p. 222-226, 1993.

CARLING, F.; NGUYEN-THE, C.; HILBERT, G.; CHAMBROY, Y. Modified atmosphere packaging of fresh “ready-to-use” grated carrots in polymeric films. **Journal of Food Science**, v. 55, n. 4, p. 1033-1038, 1990.

CASTRO, J.V. Colheita de hortaliças e determinação do ponto de colheita. In: Ernesto W. Bleinroth. **Curso de pós-colheita e armazenamento de hortaliças**. Campinas: ITAL, 1982, cap. I.

CELEPAR. **Ficha técnica de produtos hortifrutigranjeiros**. Disponível em: <www.CELEPAR.br/seab/CEASA> Acesso em: 18 set. 2001.

CETEA. **Ensaios para avaliação de embalagens plásticas flexíveis**. Campinas: ITAL, 1996. 219 p.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990.

CHITARRA, M.I.F. **Processamento mínimo de frutas e hortaliças.** Viçosa: Centro de Produções Técnicas, 1998.

CHRISTIE, G.B.Y. et al. Determination of film requirements and respiratory behavior of fresh produce in modified atmosphere packaging. **Postharvest Biology and Technology**, v. 6, p. 41-45, 1995.

DAMASCENO, K.S.F.S.C.; STAMFORD, T.L.M.; ALVES, M.A. Vegetais minimamente processados: uma revisão. **Higiene Alimentar**, v. 15, n. 85, p. 20-25, 2001.

DAZA, M.S.T.; ALZAMORA, E.M.; CHANES, J.W. Combination of preservation factors applied to minimal processing foods. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 36, n. 6, p. 629-659, 1996.

DEBEVERE, J. Criteria en praktische methoden voor de bepaling van de houdsbaarheidsdatum in de etikettering. In: **Etikettering, houdbaarheid en bewaring**, Die Keure, Brugge, Belgium, 1996, p. 37-64.

DIGNAN, D.M. Regulamentaciones relativas a los alimentos refrigerados mínimamente procesados. In: R.C. Wiley. **Frutas y hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas**. Tradução de: José Fernandez-Salguero Carretero. Zaragoza: Ed. Acribia, 1997. p.319-342.

FOX, R. Fresh cut produce. **Hydroponics & Greenhouses**, v. 23. 1995. Disponível em: <<http://www.hydroponics.com.au>> Acesso em: 27 out. 2001.

GORINI, F.L.; ZERBINI, P.E.; TESTONI, A. The controlled atmosphere storage of fruits and vegetables. In: **Chilled Fruits**, Gourmley T.R., Commission of the European Communities, 1990. p. 201-223.

HAMZA, F. et al. Storage of minimally processed romaine lettuce under controlled atmosphere. **Journal of Food Quality**, v. 19, p. 177-188, 1996.

HEIMDAL, H.; KÜHN, B.F.; POLL, L.; LARSEN, L.M. Biochemical changes and sensorial quality of shredded and MA-packaged iceberg lettuce. **Journal of Food Science**, v. 60, n. 6, p. 1265-1276, 1995.

JACXSENS, L. et al. Behavior of *Listeria Monocytogenes* and *Aeromonas* ssp. on fresh-cut produce packaged under equilibrium-modified atmosphere. **Journal of Food Protection**, v. 62, n. 10, p. 1128-1135, 1999.

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, n. 2-3, p. 331-341, 2002.

JENKINS, W.A.; HARRINGTON, J.P. **Packaging foods with plastics**. Lancaster, PA: Technomic Publishing, 1991.

JOBLING, J. Temperature management is essential for maintaining produce quality. **Sidney postharvest Laboratory Information Sheet**. Disponível em: <<http://www.postharvest.com.au>> Acesso em: 27 jan. 2002(a).

JOBLING, J. Postharvest ethylene: a critical factor in quality management. **Sidney Postharvest Laboratory Information Sheet**. Disponível em: <<http://www.postharvest.com.au>> Acesso em: 27 jan. 2002(b).

JOBLING, J. Correct cool chain management is essential for all fruit and vegetables. **Sidney Postharvest Laboratory Information Sheet**. Disponível em: <<http://www.postharvest.com.au>> Acesso em: 27 jan. 2002(c).

JOBLING, J. Modified atmosphere packaging: not as simple as it seems. **Sidney Postharvest Laboratory Information Sheet**. Disponível em: <<http://www.postharvest.com.au>> Acesso em: 27 jan. 2002(d).

KADER, A.A.; LIPTON, J.W.; MORRIS, L.L. System for scoring quality of harvest lettuce. **HortScience**, v.8(5), p. 408-409, 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.

KADER, A.A.; ZAGORY, D.; KERBEL, E.L. Modified atmospheres packaging of fruits and vegetables. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 28, n. 1, p. 1-30, 1989.

KRAMER, A. et al. A gas-exchange process for extending the shelf life of raw goods. **Food Technology**, v. 34, n. 7, p. 65-74, 1980.

LABUZA, T.P.; BEERNE, W.M. Application of "active packaging" for improvement of shelf life and nutritional quality of fresh and extended shelf-life foods. **Journal of Food Processing & Preservation**, v.13, p. 1-69, 1989.

LABUZA, T.P. An introduction to active packaging for foods. **Food Technology**, p. 68-71, abr. 1996.

LIOUTAS, S.T. Challenges of controlled and modified atmosphere packaging: a food company's perspective. **Food Technology**, v. 42, n. 9, p. 78-86, 1988.

LOPEZ-GALVEZ et al. Quality changes in packaged salad products during storage. **Z Lebensm Unters Forsch A**, v. 205, p. 64-72, 1997.

LUENGO, R.F.A.; LANA, M.M. **Processamento mínimo de hortaliças**. Brasília: EMBRAPA, 1997. Comunicado Técnico da Embrapa Hortaliças n. 2.

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

LYON, D.; CHURCHIL, H. Qualidad. In: ARTHEY, D.; DENNIS, C. **Processados de hortaliças**, tradução de Pedro Ducar Manuenda. p. 261-287, 1991.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, V.G.; CARR, B.T. **Sensory evaluation techniques**. 2. ed. Boston: CRP Press, 1991.

MODIFIED ATMOSPHERE PACKAGING. **Hydroponics & Greenhouse**, v. 26. Disponível em: <<http://www.hydroponics.com.au>> Acesso em: 27 out. 2001.

NAGAMATO, R.J. **Tratamento de compostos voláteis orgânicos do café pela técnica da incineração catalítica**. Curitiba: UFPR, 2001. 111 p. (Dissertação de mestrado)

NASCIMENTO, E.F.; MOLICA, E.M.; MORAES, J.S. **Hortaliças minimamente processadas (mercado e produção)**. Brasília: EMATER-DF, 2000.

O'BEIRNE, D. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetable. In: GOURMLEY, T.R. **Chilled Fruits**. Commission of the European Communities, 1990, p. 183-199.

OLIVEIRA, F.A.R.; FONSECA, S.C.; OLIVEIRA, J.C.; BRECHT, J.K.; CHAU, K.V. Development of perforation-mediated modified atmosphere packaging to preserve fresh fruit and vegetable quality after harvest. **Food Science and Technology Institute**, v. 4, n. 5, p. 339-352, 1998.

PANTASTICO, E.B. **Postharvest physiology, handling and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables.** Westport, Connecticut: AVI Publishing Company, 1975.

PHILLIPS, C.A. Review: modified atmosphere packaging and its effects on the microbiology quality and safety of products. Blackwell Science LTD. **International Journal of Science and Technology**, v. 31, p. 463-479, 1996.

PINHEIRO, F. Longe do fogão. **Supermix**, 61 (setembro), p. 8-15, 2000.

POLÍMEROS. In: Enciclopédia e Dicionário KOOGAN HOUAISS Digital, ed. Hyper Midia, 2002, CD-ROM.

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

RÖSCH, J.; WÜNSCH, J.R. Tendências em materiais com propriedades de barreira. **Plástico Industrial**, p. 70-81, set. 2000.

SARANTÓPOULOS, C.I.G.L. et al. **Embalagens com atmosfera modificada.** Campinas: ITAL (CETEA), 1996.

SARANTÓPOULOS, C.I.G.L.; OLIVEIRA, L.M.; DAREZZO, H.M. Avaliação de embalagens de hortaliças folhosas minimamente processadas do mercado brasileiro. In: **Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 2000, Fortaleza. Livro de resumos, v. 1, p. 1.13.

SCHLIMME, D.V.; ROONEY, M.L. Envasado de frutas y hortalizas mínimamente procesadas. In: WILEY, R.C. **Frutas y hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas**, Tradução de José Fernández –Salguero Carretero, p. 131-178, 1997.

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

SHEWFELT, R.L. Postharvest treatment for extending the shelf life of fruits and vegetables. **Food Technology**, v. 40(5), p. 70-85, 1986.

SIGRIST, J.M.S. Pré-resfriamento, respiração, transpiração e transformações químicas das hortaliças. In: BLEINROTH, E.W. **Curso de pós-colheita e armazenamento de hortaliças**. Campinas: ITAL, 1982, cap. III (1-27).

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V.C.A.; SILVEIRA, N.F.A. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos.** São Paulo: Livraria Varella, 1997. 295 p.

SIRIPHANIVH, J.; KADER, A. Changes in citoplasmic and vacuolar pH in harvest lettuce tissue as influenced by CO₂. **Journal of Americal Soc. Hort. Sci.**, 111:73, 1986.

SOUZA, J.P.; JONG, E.V.; GOULART, H.H.R. **Aumente o tempo de conservação dos alimentos e obtenha maiores lucros**. Porto Alegre: Imprensa Livre, 2001.

TEIXEIRA NETO, R.O. et al. **Reações de transformação e vida de prateleira de alimentos processados**. Campinas: ITAL, Manual Técnico n. 6, 1993.

VAROQUAUX, P.; WILEY, R. Cambios biológicos y bioquímicos en frutas y hortalizas refrigeradas mínimamente processadas. In: WILEY, R.C. **Frutas y hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas**. Tradução de: José Fernandez-Salguero Carretero. Zaragoza: Ed. Acribia, 1997. p. 221-262.

WATADA, A.E. Effects of ethylene on the quality of fruits and vegetables. **Food Technology**, p. 82-85, maio. 1986.

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

WILEY, R. **Frutas y hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas**. Traduzido por José Fernández –Salguero Carretero. Zaragoza: Ed. Acribia, 1997.

YANO, T.; KOJIMA, I.; TORIKATA, Y. Role of water in wintheringof leafy vegetables. In: **Water Activity: Influences on Food Quality**, L.B. Rockland e G.F. Stewart, p. 765-780, 1981.

YI WANG, C. Physiological and biochemical effects of controlled atmosphere on fruits and vegetables. In: CALDERON, M.; BARKAI-GALAN, R. **Food preservation by modified atmosphere**, 1990, p. 197-223.

YILDIZ, F. Preparación inicial, manipulacion y distribucion de frutas y hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas. In: WILEY, R.C. **Frutas y hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas**. Zaragoza: Ed. Acribia, 1997, p.15-60. Traduzido por José Fernández –Salguero Carretero.

YAMASHITA, F. **Armazenagem frigorificada de mangas (*Mangifera indica* L. cv. Keitt) embaladas sob atmosfera modificada**. Campinas: UNICAMP, 1995. 141 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Depto. Engenharia, Faculdade de Engenharia e Alimentos.

YAMASHITA, F; TELIS-ROMERO, J.; KIECKBUSH, T.G. Estimativa de composição gasosa em embalagem de atmosfera modificada contendo mangas (*mangifera indica L.*) cv. Keitt. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 17, n. 12, p. 172-176, 1997.

ZAGORY, D.; KADER, A. Modified atmosphere packaging of fresh products. **Food Technology**, v. 42 (9), p. 70-77, 1988.

BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

AGA S.A. **MAPAX™ – A solução ideal em atmosfera modificada.** São Paulo: 1996. Catálogo.

BRODY, A.L. Integrating aseptic and modified atmosphere packaging to fulfill a vision of tomorrow. **Food Technology**, p. 56-66, abr., 1996.

FERNÁNDEZ-TRUJILLO, J.P.; MARTÍNEZ, J.A.; ARTÉS, F. Modified atmosphere packaging affects the incidence of cold storage disorders and keeps "flat" peach quality. **Food Research International**, v. 31, n. 8, p. 571-579, 1998.

JAMIE, P.; SALVEIT, E. Postharvest changes in broccoli and lettuce during storage in argon, helium, and nitrogen atmosphere containing 2% de oxygen. **Postharvest Biology and Technology**, Article in Press, disponível apenas "on line" em Science Direct Program, Elsevier Science B.V., jan. 2002.

MIRANDA, L.A.; YAMASHITA, F; FELISBINO, M.P.; BELÉIA, A. Taxas de respiração de raízes de mandioca minimamente processadas. In: XVII Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2000, Fortaleza. **Anais...**, v. 2, p. 5254-5254.

PASCHOALINO, J.E.; ROSENTHAL, A.; BERNHARD, L.W. **Processamento de hortaliças.** Campinas: ITAL, Manual Técnico n. 4, 1994.

SARGENT, A.S. Fresh cut watermelon - maintaining quality from processor to supermarket. **Citrus & Vegetable Magazine**, v. 02, p. 24-25, 1999.

SARGENT, A.S. Fresh-cut watermelon. **Citrus & Vegetable Magazine**, v. 02, p. 24-25, 1998.

TANO, K.; ARUL, J.; DOYON, G.; CASTAIGNE, F. Atmospheric composition and quality of fresh mushrooms in modified atmosphere packages as affected by storage temperature abuse. **Journal of Food Science**, v. 64, n. 6, 1999.

YAMASHITA, F; BENASSI, M.T. Influência de diferentes embalagens de atmosfera modificada sobre a aceitação de goiabas brancas de mesa (*Psidium Guajava L.*, var. Kumaga) mantidas sob refrigeração. **Alimentos e Nutrição**, v. 9, p. 9-16, 1998.

APÊNDICE

APÊNDICE 1 – DADOS EXPERIMENTAIS REFERENTES À VARIAÇÃO DO OXIGÉNIO E GÁS CARBÔNICO NOS DIFERENTES FILMES E ATMOSFERAS.....	79
APÊNDICE 2 – FICHAS DE AVALIAÇÃO SENSORIAL DOS PRODUTOS	81
APÊNDICE 3 – RELATÓRIO DO DITEC – CEASA-PR.....	83

APÊNDICE 1 - DADOS EXPERIMENTAIS REFERENTES À VARIAÇÃO DO OXIGÊNIO E GÁS CARBÔNICO NOS DIFERENTES FILMES E ATMOSFERAS

TABELA 19 - VARIAÇÃO DO OXIGÊNIO NO INTERIOR DAS EMBALAGENS DE ALFACE COM FOLHAS INTEIRAS EM DIFERENTES FILMES (FIGURAS 10 E 12)

DIAS	PEBD 50	PEBD 60	BOPP-PEBD	CONSERVAX	PEBD100		
	ATM 1	ATM 1	ATM 1	ATM 1	ATM1	ATM 4	ATM 5
0	4,7	5,2	4,7	4,5	5	8,3	10
1	1,6	3	0	0,2	2,4	8,1	6,7
2	1,5	3	0	0	0,6	2,8	4,5
3	1,9	1,5	0	0	0,6	1,5	2,7
5	1,8	2,3	0	0	0,8	1,3	2,4
7	2,5	1,8	0	0	0,3	1,0	0
9	2,8	1,3	0	0	0,2	0	0,3
10	3,0	2,3	0	0	0,5	0	0
12	3,3	2,1	0	0	0	0	0

TABELA 20 - VARIAÇÃO DE CO₂ NO INTERIOR DAS EMBALAGENS DE ALFACE MP COM FOLHAS INTEIRAS EM DIFERENTES FILMES (FIGURAS 11 e 13)

DIAS	PEBD 50	BOPP-PEBD	CONSERVAX	PEBD 100		
	ATM1	ATM1	ATM1	ATM1	ATM4	ATM5
0	9,7	9,5	9,5	10,1	7,4	9,8
1	9,1	13,2	12,5	10,7	8,6	11
2	7,1	17	14,5	10,6	10	10
3	5,8	15,8	12,5	10,1	10	10,6
5	4,2	15,8	12,5	8,7	9,3	9
7	3,2			8,9	8	8,4
9	3,2			7,5	7,5	6,6
10	3,0			7	6,9	6,6
15	2,9			7	7,3	

TABELA 21 - VARIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GASOSA NO INTERIOR DA EMBALAGEM DE ALFACE CRESPA FOLHA INTEIRA EM FILME PEBD 60 (FIGURAS 14 E 15)

DIAS	ATM1		ATM2	
	O ₂	CO ₂	O ₂	CO ₂
0	5,2	10,6	5,3	15
1	3,8	9,9	3,2	13,7
2	2,6	9,5	2,3	12,6
3	2,6	8,4	2,3	11
5	2,5	7,6	1,3	8,4
7	1,6	6,8	1,1	7,2
9	1,5	6,0	1,0	6,2
12	1,0	5,4	0,8	5,7
15	1,1	5,1	0,8	5,1

TABELA 22 - VARIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GASOSA NO INTERIOR DA EMBALAGEM DE ALFACE CRESPA PICADA EMBALADA EM FILME PEBD60 EM ATM2 (FIGURA 16)

DIAS	ATM2	
	O ₂	CO ₂
0	5,6	15,0
1	2,8	15,3
2	1,3	14,5
3	0,8	14,7
4	0,7	13,7
7	0,7	10,1
9	0,7	9,0
11	0,7	7,6
14	0,7	6,8

APÊNDICE 2 - FICHAS DE AVALIAÇÃO SENSORIAL DOS PRODUTOS

ANALISE SENSORIAL - PRODUTO: ALFACE

DATA: ____ / ____ / ____

NOME: _____

ANALISANDO VISUALMENTE AS AMOSTRAS, CLASSIFIQUE-AS DE ACORDO COM A ESCALA ABAIXO, CONSIDERANDO OS DEFEITOS:

E.E.H – escurecimento róseo-ferugem da haste central

E.E.F – escurecimento marrom-preto da superfície e extremidade das folhas

Escala	
Pontuação	Descrição
9	Excelente, livre de defeitos
7	Boa, pequenos defeitos
5	Media, defeitos leves, moderadamente objecionáveis, pouco limita para consumo
3	Pobre, defeitos excessivos, limitada para consumo
1	Extremamente pobre, não usável

Amostras	Pontuação		
	Qualidade geral	Defeito E.E.H.	Defeito E.E.F.

OBSERVAÇÕES:

ANALISE SENSORIAL - PRODUTO: ALFACE

DATA: ____ / ____ / ____

NOME: _____

ANALISE SENSORIALMENTE AS AMOSTRAS, INICIANDO PELA PERCEPÇÃO DE AROMA, SABOR E TEXTURA, SENDO QUE ESTA ÚLTIMA PODE SER PERCEBIDA PELA "QUEBRA" NA MÃO. CLASSIFIQUE-AS DE ACORDO COM A ESCALA ABAIXO:

AROMA	Sabor	TEXTURA
5- Fresco/ excelente	5- Fresco/ excelente	5- Excelente/ crocante/ fresca
4- Muito bom	4- Muito bom	4- Muito Boa
3- Bom, leve percepção de aroma diferente, ainda utilizá	3- Bom, neutro	3- Boa
2- Razoável, acentuada percepção de aroma alterado, limitado para consumo	2- Razoavel, levemente alterado, limitado para consumo	2- Razoável, inicio do limite de consumo
1- Aroma fortemente alterado, limitado para consumo	1- Fortemente alterado, limitado para consumo	1- Pobre/ flácida, não consumível.

AVALIAÇÃO DAS AMOSTRAS

AMOSTRAS	AROMA	SABOR	TEXTURA

OBSERVAÇÕES: _____



OUTRAS FOLHOSAS COMERCIALIZADAS NA CEASA/PR - ANO 2000

PRODUTOS COMERCIALIZADOS	VOLUME / KG
COUVE CHINESA	2.966.393,0
COUVE MANTEIGA	1.534.372,0
AGRIÃO	1.140.466,0
COUVE BROCOLI	1.121.754,0
ALMEIRÃO	678.827,0
CHEIRO VERDE	622.897,0
MOSTARDA	424.231,0
RUCULA	374.266,0
SALSA	351.047,0
ESCAROLA/CHICÓRIA	219.975,0
ESPINAFRE	201.094,0
RADITE	74.222,0
ACELGA	69.310,0
COENTRO	7.736,0
COUVE RABANA	5.892,0
MANJERICÃO	1.063,0
ALFAVACA	1.002,0
CEBOLÃO	942,0
HORTELÃ	660,0
LOURO	475,0
MANJERONA	271,0
SALVIA	166,0
ERVA DOCE	140,0
ORÉGANO	40,0
TOTAL GERAL :	9.797.241,0

ALFACE TODAS AS EPPÉCIES	7.266.074,0
(%) de importância nas folhosas	74,16%

IMPORTÂNCIA DO ALFACE NAS OUTRAS FOLHOSAS

