

INEUZA MICHELS

**ASPECTOS TECNOLÓGICOS DO PROCESSAMENTO MÍNIMO DE
TUBÉRCULOS DE YACON (*Polymnia sonchifolia*) ARMAZENADOS EM
EMBALAGENS COM ATMOSFERA MODIFICADA**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção de 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

2005

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Paraná – UFPR, por ter possibilitado a realização deste trabalho.

À minha Família Elias, Hilda, Ido, Ivan e Márcio e minha adorável sobrinha Gabrieli que representam a minha força, razão e dedicação.

Ao Moisés Eberle Marçal, por seu amor, compreensão e apoio todos estes anos.

À minha orientadora Prof.^a Dr.^a Maria Lucia Masson, pela amizade e incentivo nos momentos difíceis e pelo apoio nos momentos de decisão.

À Luciana por seu humor e palavras de carinho.

Aos professores e funcionários do Programa pela amizade e auxílios prestados.

Aos queridos colegas Simone, Michele, Bianca, Thamy, Jaime, Gisele, Karin e Marcelo pela agradável convivência.

À White Martins Praxair Inc., representada pelo Sr. Marcelo de Carli, pelo fornecimento das misturas gasosas e pela contribuição com seus conhecimentos.

Aos membros da Banca de Qualificação Prof.^a Dr.^a Agnes de Paula Scheer e Prof. Dr. Sandro Campos Amico pela apreciação, sugestões e “críticas responsáveis” ao trabalho.

À CAPES pelo apoio financeiro deste trabalho.

À minha grande amiga e cunhada Liane Piacentini pela sua sempre presença em todos os momentos da minha vida.

À família Eberle Marçal por todos estes anos de amor e carinho.

A todos aqueles que de uma forma ou outra contribuíram para a conclusão deste trabalho...

A DEUS, pela vida...

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	xi
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVOS	2
1.1.1 Objetivo Principal	2
1.1.2 Objetivos Específicos	2
1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO	3
2 REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 PROCESSAMENTO MÍNIMO DE VEGETAIS	4
2.1.1 Processamento	5
2.1.2 Segurança dos Produtos Minimamente Processados.....	7
2.2 MATÉRIA-PRIMA: TUBÉRCULOS DE YACON.....	8
2.2.1 Características do Yacon	8
2.2.2 Valor Nutritivo do Yacon.....	9
2.3 ALTERAÇÕES DOS VEGETAIS PROCESSADOS MINIMAMENTE.....	12
2.3.1 Respiração	12
2.3.2 Temperatura.....	13
2.3.3 Umidade Relativa	13
2.3.4 Redução de tamanho ou cortes	14
2.4 QUALIDADE DOS PRODUTOS MINIMAMENTE PROCESSADOS.....	14
2.4.1 Características Físico-Químicas.....	15
2.4.2 Características Sensoriais.....	16
2.4.3 Características Microbiológicas.....	17
2.4.4 Características Enzimáticas	19
2.5 ATMOSFERA MODIFICADA.....	21
2.6 EMBALAGEM DOS VEGETAIS MINIMAMENTE PROCESSADOS	23

3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DOS TUBÉRCULOS DE YACON.....	27
3.1 INTRODUÇÃO	27
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	28
3.2.1 Matéria-Prima	28
3.2.2 Análises Físico-Químicas	29
3.2.2.1 Umidade	29
3.2.2.2 Proteína	29
3.2.2.3 Lipídios	29
3.2.2.4 Cinzas	29
3.2.2.5 Carboidratos	29
3.2.2.6 Fibra alimentar	30
3.2.2.7 Energia	30
3.2.2.8 pH.....	30
3.2.2.9 Sólidos solúveis.....	30
3.2.2.10 Determinação da acidez total titulável (ATT).....	30
3.2.2.11 Atividade de água.....	30
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
3.4 CONCLUSÕES	33
4 APLICAÇÃO DE DIFERENTES AGENTES ANTIESCURECIMENTO NO PROCESSAMENTO MÍNIMO DE TUBÉRCULOS DE YACON (<i>Polymnia sonchifolia</i>).....	34
4.1 INTRODUÇÃO	34
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	35
4.2.1 Matéria-Prima	35
4.2.2 Infraestrutura	35
4.2.3 Equipamentos	35
4.2.4 Processamento da Matéria-Prima	36
4.2.5 Análises Físico-Químicas	38
4.2.5.1 Medida de cor	38
4.2.5.2 pH.....	39
4.2.5.3 Sólidos solúveis.....	39
4.2.6 Análise Sensorial.....	40
4.2.6.1 Seleção dos julgadores	40

4.2.6.2 Cor e textura.....	40
4.2.3 Análise Estatística	41
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
4.3.1 Medida de Cor	42
4.3.2 pH e Sólidos Solúveis.....	45
4.3.3 Análise Sensorial.....	47
4.3.3.1 Seleção dos julgadores	47
4.3.3.2 Cor e textura.....	49
4.4 CONCLUSÕES	51
5 INFLUÊNCIA DA ATMOSFERA MODIFICADA NA CONSERVAÇÃO DOS TUBÉRCULOS DE YACON (<i>Polymnia sonchifolia</i>) MINIMAMENTE PROCESSADOS	52
5.1 INTRODUÇÃO	52
5.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	53
5.2.1 Matéria-Prima.....	53
5.2.2 Equipamentos	53
5.2.3 Características da Embalagem	54
5.2.3.1 Análise das embalagens	54
5.2.3.2 Resultados das análises.....	54
5.2.4 Processamento da Matéria-Prima	55
5.2.5 Análises Físico-Químicas	57
5.2.5.1 Composição gasosa	57
5.2.5.2 Cor.....	58
5.2.5.3 pH.....	59
5.2.5.4 Sólidos solúveis.....	59
5.2.5.5 Determinação da acidez total titulável (ATT).....	59
5.2.5.6 Perda de massa	59
5.2.6 Análises Microbiológicas	59
5.2.6.1 Contagem total de mesófilos	59
5.2.6.2 Contagem de bolores e leveduras.....	60
5.2.6.3 Contagem de coliformes fecais	60
5.2.6.4 Determinação de <i>salmonella sp.</i>	60
5.2.7 Análise Sensorial.....	60

5.2.8 Análise Estatística	61
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	62
5.3.1 Composição Gasosa	62
5.3.2 Medida de Cor	64
5.3.3 pH, Acidez Total Titulável e Sólidos Solúveis.....	67
5.3.4 Perda de Massa	70
5.3.5 Atributos Sensoriais	72
5.3.6 Microbiologia dos Tubérculos de Yacon Minimamente Processados.....	74
5.4 conclusões	77
6 CONCLUSÃO	78
RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	79
REFERÊNCIAS.....	80
APÊNDICE.....	91

LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1 - COMPOSIÇÃO DO YACON POR 100 g PORÇÃO COMESTÍVEL...	10
TABELA 2.2 – CONTEÚDO DE INULINA E OLIGOFRUTOSE EM ALIMENTOS.....	11
TABELA 2.3 - PADRÕES MICROBIOLÓGICOS PARA PRODUTOS VEGETAIS....	18
TABELA 2.4 - ESPECIFICAÇÕES DE PERMEABILIDADE GASOSA EM FILMES FLEXÍVEIS.....	24
TABELA 3.2 – CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DOS TUBÉRCULOS DE YACON	31
TABELA 4.1 - VALORES DE pH DE DIFERENTES SOLUÇÕES DE ÁCIDO ASCÓRBICO (AA) E ÁCIDO CÍTRICO (AC) UTILIZADAS NO BANHO DE IMERSÃO DOS TUBÉRCULOS DE YACON MINIMAMENTE PROCESSADOS	37
TABELA 4.2 – VALORES MÉDIOS PARA AS MEDIDAS DE COR DO PARÂMETRO L*, PARA OS DIFERENTES TRATAMENTOS ANTIOXIDANTES EM FUNÇÃO DO TEMPO DE ARMAZENAMENTO	42
TABELA 4.3 – VALORES MÉDIOS PARA AS MEDIDAS DE COR DOS PARÂMETROS A* E B*, PARA OS DIFERENTES TRATAMENTOS ANTIOXIDANTES EM FUNÇÃO DO TEMPO DE ARMAZENAMENTO	44
TABELA 4.4 – VALORES MÉDIOS PARA AS MEDIDAS DE pH, PARA OS DIFERENTES TRATAMENTOS ANTIOXIDANTES EM FUNÇÃO DO TEMPO DE ARMAZENAMENTO.....	46
TABELA 4.5 – VALORES MÉDIOS PARA AS MEDIDAS DE SÓLIDOS SOLÚVEIS, PARA OS DIFERENTES TRATAMENTOS ANTIOXIDANTES EM FUNÇÃO DO TEMPO DE ARMAZENAMENTO	47
TABELA 4.6 – AVALIAÇÃO DOS JULGADORES PELO TESTE FARNSWORTH-MUNSELL 100 HUE, PARA FORMAÇÃO DA EQUIPE SENSORIAL	48

TABELA 4.7 – AVALIAÇÃO SENSORIAL DOS ATRIBUTOS COR E TEXTURA DOS TUBÉRCULOS DE YACON MINIMAMENTE PROCESSADOS, COM DIFERENTES TRATAMENTOS ANTIOXIDANTES DURANTE O SEU ARMAZENAMENTO	49
TABELA 5.1 – CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA EMBALAGEM UTILIZADA	55
TABELA 5.2 – VALORES MÉDIOS PARA A MEDIDA DE COR DO PARÂMETRO L*, PARA AS DIFERENTES ATMOSFERAS UTILIZADAS EM FUNÇÃO DO TEMPO DE ARMAZENAMENTO	65
TABELA 5.3 – VALORES MÉDIOS PARA A MEDIDA DE COR DO PARÂMETRO A* E B* PARA AS DIFERENTES ATMOSFERAS UTILIZADAS EM FUNÇÃO DO TEMPO DE ARMAZENAMENTO	66
TABELA 5.4 – VALORES MÉDIOS PARA AS MEDIDAS DE pH PARA AS DIFERENTES ATMOSFERAS TESTADAS EM FUNÇÃO DO TEMPO DE ARMAZENAMENTO	68
TABELA 5.5 – VALORES MÉDIOS PARA AS MEDIDAS DE ACIDEZ TOTAL TITULÁVEL PARA AS DIFERENTES ATMOSFERAS TESTADAS EM FUNÇÃO DO TEMPO DE ARMAZENAMENTO	69
TABELA 5.6 – VALORES MÉDIOS PARA AS MEDIDAS DE SÓLIDOS SOLÚVEIS PARA AS DIFERENTES ATMOSFERAS TESTADAS EM FUNÇÃO DO TEMPO DE ARMAZENAMENTO	70
TABELA 5.7 – AVALIAÇÃO SENSORIAL DOS ATRIBUTOS APARÊNCIA, ODOR, COR E TEXTURA DOS TUBÉRCULOS DE YACON MINIMAMENTE PROCESSADOS, EM DIFERENTES ATMOSFERAS DURANTE O SEU ARMAZENAMENTO	73
TABELA 5.8 – RESULTADOS PARA A CONTAGEM DE BACTÉRIA MESÓFILAS TOTAIS (UFC/g), PARA OS DIFERENTES TRATAMENTOS EM FUNÇÃO DO TEMPO DE ARMAZENAMENTO	75
TABELA 5.9 – RESULTADOS PARA A CONTAGEM DE BOLORES E LEVEDURAS (UFC/g), PARA OS DIFERENTES TRATAMENTOS EM FUNÇÃO DO TEMPO DE ARMAZENAMENTO	76

TABELA A.1 – RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AS MEDIDAS DE COR L*, A* E B* DO SISTEMA CIELAB, EM TUBÉRCULOS DE YACON, PARA O ARRANJO FATORIAL DE 20 INTERAÇÕES (TRATAMENTOS X TEMPO).....	92
TABELA A.2 – RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AS MEDIDAS DE PH E SÓLIDOS SOLÚVEIS, EM TUBÉRCULOS DE YACON, PARA O ARRANJO FATORIAL DE 20 INTERAÇÕES (TRATAMENTOS X TEMPO).....	92
TABELA A.3 – RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AS MEDIDAS DE COR L*, A* E B* DO SISTEMA CIELAB, EM TUBÉRCULOS DE YACON MINIMAMENTE PROCESSADOS, PARA O ARRANJO FATORIAL DE 24 INTERAÇÕES (ATMOSFERAX TEMPO).....	93
TABELA A.4 – RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AS MEDIDAS DE PH, ACIDEZ TOTAL TITULÁVEL E SÓLIDOS SOLÚVEIS, EM TUBÉRCULOS DE YACON, PARA O ARRANJO FATORIAL DE 24 INTERAÇÕES (ATMOSFERA X TEMPO)	93

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 3.1 – TUBÉRCULOS DE YACON <i>IN NATURA</i>	28
FIGURA 4.1 – ESQUEMA DO PROCESSAMENTO MÍNIMO DOS TUBÉRCULOS DE YACON	36
FIGURA 4.2 – ETAPAS DO PROCESSAMENTO MÍNIMO DOS TUBÉRCULOS DE YACON	38
FIGURA 4.3 – SISTEMA DE CORES CIELab.....	39
FIGURA 4.4 – FICHA UTILIZADA NA AVALIAÇÃO SENSORIAL DOS TUBÉRCULOS DE YACON MINIMAMENTE PROCESSADOS.....	41
FIGURA 5.1 – ESQUEMA DO PROCESSAMENTO MÍNIMO DE YACON.....	55
FIGURA 5.2 – ETAPAS DO PROCESSAMENTO MÍNIMO DOS TUBÉRCULOS DE YACON	57
FIGURA 5.3 – ANALISADOR DE GASES	58
FIGURA 5.4 – COLORÍMETRO	58
FIGURA 5.5 – FICHA DA AVALIAÇÃO SENSORIAL DOS TUBÉRCULOS DE YACON MINIMAMENTE PROCESSADOS	61
FIGURA 5.6 – CONCENTRAÇÃO DOS GASES NO INTERIOR DA EMBALAGEM (ATMOSFERA 1)	62
FIGURA 5.7 – CONCENTRAÇÃO DOS GASES NO INTERIOR DA EMBALAGEM (ATMOSFERA 2)	63
FIGURA 5.8 – PERDA DE PESO DOS TUBÉRCULOS DE YACON MINIMAMENTE PROCESSADOS E ARMAZENADOS EM DIFERENTES ATMOSFERAS.....	71

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a*	Coordenada de Cor (vermelho/verde)
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AM	Atmosfera Modificada
ANOVA	Análise de Variância
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
AOAC	Association of Official Analytical Chemist's
APHA	American Public Health Association
APPCC	Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle
ASTM	American Society for Testing and Materials
b*	Coordenada de Cor (amarelo/azul)
BPF	Boas Práticas de Fabricação
CETEA	Centro de Tecnologia de Embalagem
CIELab	Commission Internationale de l'Eclairage Lightness ab
CNTP	Condições Normais de Temperatura e Pressão
CV	Coeficiente de Variação
DP	Desvio Padrão
EAM	Embalagem em Atmosfera Modificada
FAL	Fenilalanina Amônia Liase
FDA	Food and Drug Administration
FOS	Frutoligosacarídeos
g	Grama
IDEC	Instituto de Defesa do Consumidor
IFPA	International Fresh-Cut Produce Association
IV	Intervalo de Variação
Kcal	Quilocaloria
L*	Luminosidade
m	Metro
mg	Miligrama
mL	Mililitro
MP	Minimamente Processado
NMP	Número Mais Provável

OMS	Organização Mundial da Saúde
PA	Poliamida
PEBD	Polietileno de Baixa Densidade
PET	Polietileno Tereftalato
POD	Peroxidase
PP	Polopropileno
PPO	Polifenoloxidase
PVC	Cloreto de Polivinila
TPO ₂	Taxa de Permeabilidade ao Oxigênio
TPCO ₂	Taxa de Permeabilidade ao Gás Carbônico
UFC	Unidade Formadora de Colônia
UFPR	Universidade Federal do Paraná
UR	Umidade Relativa
USP	Universidade de São Paulo
WHO	World Health Organization
μm	Micrômetro

RESUMO

Os vegetais minimamente processados (MP) surgem como uma adequação ao novo e exigente mercado consumidor devido à sua praticidade e conveniência, aliados à preservação do sabor e da qualidade nutricional, próprios dos produtos frescos. Neste contexto surge a necessidade de estudos sobre tecnologias de armazenamento. Os tubérculos de Yacon vêm se destacando entre os consumidores por suas propriedades funcionais, possuem sabor parecido com pêra e melão, e são indicados no tratamento de diabetes e do colesterol. A demanda por produtos MP, tem imposto novos requerimentos às embalagens, para isso, a utilização de embalagens em atmosfera modificada tem sido uma tecnologia bastante utilizada, pois além de conferir ao alimento maior vida útil, proporciona a manutenção das características sensoriais. O presente trabalho teve como objetivo principal estudar os aspectos tecnológicos de obtenção de um produto para consumo humano direto a partir de tubérculos de yacon. Foi determinada a caracterização física e química dos tubérculos de yacon. Avaliou-se o emprego de agentes químicos no processamento mínimo dos tubérculos, para retardar o escurecimento do produto. Verificou-se a influência de diferentes atmosferas sobre as características físico-químicas, microbiológicas e sensoriais do produto durante o armazenamento. A avaliação física e química dos tubérculos *in natura* apresentou-se basicamente constituída por carboidratos 8,12% e água 89,8%, resultando em um baixo valor calórico 34,74 kcal/100g. A aplicação de diferentes agentes antiescurecimento determinou que o melhor tratamento empregado para retardar o escurecimento foi a solução com 3% de ácido cítrico, que obteve a menor variação dos parâmetros “L*”, “a*” e “b*” durante os 9 dias de armazenamento. Na avaliação da influência do emprego de diferentes atmosferas modificadas na conservação dos tubérculos de yacon minimamente processados, a melhor atmosfera empregada para a manutenção da cor foi a Atmosfera 1 (20% CO₂ e 80% N₂), que manteve a menor variação dos parâmetros “L*”, “a*” e “b*” durante os 15 dias de armazenamento. Na avaliação dos aspectos sensoriais e microbiológicos, a vida útil do produto foi limitada em 12 dias de armazenamento.

Palavras-chave: yacon (*Polymnia sonchifolia*); processamento mínimo; atmosfera modificada; vida útil.

ABSTRACT

The vegetables minimally processing (MP) appear as an adaptation to the new and demanding consuming market due to its convenience, allies to the preservation of the flavor and of the nutritional quality, own of the fresh products. In this context the need of studies appears on storage technologies. The tubers of yacon come if highlighting among the consumers for their functional properties, they possess flavor similar to pear and melon, and they are suitable in the treatment of diabetes and of the cholesterol. The demand for products MP, has search new applications to the packings, for that, the use of packings in modified atmosphere has been a technology quite used, therefore besides checking to the food larger useful life, it provides the maintenance of the sensorial characteristics. The present work had as main objective to study the technological aspects of obtaining of a product for direct human consumption starting from yacon tubers. It was certain the physical and chemical characterization of the yacon tubers. The chemical agents' job was evaluated in the minimum processing of the tubers, to delay the darkening of the product. The influence of different atmospheres was verified on the physiochemical characteristics, microbiology and sensorial of the product during the storage. The physical and chemical evaluation of the tubers in natura came basically constituted by 8,12% carbohydrate and 89,8% water, resulting in a low caloric value 34,74 kcal/100g. The application of different no darkness agents determined that the best treatment used to delay the darkening was the solution with 3% of citric acid, that it obtained to smallest variation of the parameters "L * ", "a * " and "b * " during the 9 days of storage. In the evaluation of the influence of the job of different atmospheres modified in the conservation of the tubers of yacon minimally processed, the best atmosphere used for the maintenance of the color was the Atmosphere 1 (20% CO₂ and 80% N₂), that it maintained to smallest variation of the parameters "L * ", "a * " and "b * " during the 15 days of storage. In the evaluation of the sensorial aspects and microbiology, the shelf-life of the product was limited in 12 days of storage.

Key words: yacon (*Polymnia sonchifolia*); minimally processed; modified atmosphere; shelf-life.

1 INTRODUÇÃO

A preocupação com uma alimentação mais saudável, o aumento da expectativa de vida da população, a crescente participação feminina no mercado de trabalho e o acréscimo no número de pessoas que moram sozinhas têm provocado uma revolução nos hábitos de consumo da população, particularmente nos grandes centros urbanos.

Os alimentos minimamente processados (MP) surgem como uma adequação ao novo e exigente mercado consumidor, conquistando-o com praticidade e conveniência, aliadas à preservação do frescor e da qualidade nutricional, característicos dos produtos frescos.

De acordo com a Associação Internacional dos Produtos Minimamente Processados (IFPA, 2001), nos Estados Unidos movimentaram-se entre 10-12 bilhões de dólares em frutas e hortaliças MP no ano de 2000, com estimativa de crescimento de 10-15% ao ano até 2005 (GARRETT, 2002). O mercado brasileiro de frutas e hortaliças MP movimentou aproximadamente 450 milhões de reais no ano de 1998 e foi observado que no período de 1996 a 1999 houve um aumento de 200% na oferta destes produtos na Grande São Paulo (HANASHIRO, 2003).

A crescente demanda por vegetais MP tem levado à ampliação das áreas destinadas a estes produtos nos principais pontos de venda, nos quais já se pode encontrar cenoura, beterraba, mandioquinha, alface, entre outros.

Neste contexto surge a necessidade de estudos sobre novas variedades de vegetais, que vêm se destacando entre os consumidores devido as suas propriedades funcionais, dentre eles os tubérculos de yacon, chamados popularmente de “batata do diabético”, os quais foram introduzidos no Brasil no início dos anos 90. Os tubérculos possuem sabor de pêra e melão, e são indicados no tratamento de diabetes e do colesterol, pois estão sendo considerados alimentos nutraceuticos, em decorrência de estudos sobre a diminuição dos níveis de açúcar no sangue, após consumo repetido dos mesmos. O yacon, diferentemente da maioria dos tubérculos que armazenam amido, acumula inulina e oligofrutossacarídeos com alto poder adoçante e baixo valor calórico.

A demanda por produtos minimamente processados, sensorialmente similares aos alimentos frescos, tem imposto novas exigências às embalagens. Para isso, a

utilização de embalagens em atmosfera modificada (AM) tem sido uma necessidade tecnológica, pois além de conferir ao alimento maior vida útil, proporciona a manutenção das características sensoriais semelhantes à dos produtos frescos.

Os principais fatores ambientais que devem ser controlados para se prolongar a vida útil de um alimento são: temperatura, umidade e oxigênio. O ambiente natural ao redor do produto, e no interior da própria embalagem, pode ser prejudicial, considerando-se longos períodos de estocagem. Assim, a embalagem tem que agir como uma barreira entre o ambiente externo e o alimento, sem afetá-lo (SARANTÓPOULOS, 1995).

A comercialização do yacon minimamente processado, o qual ainda não existe no mercado, justifica-se pela sua grande aceitação na forma *in natura* devido ao seu sabor doce.

O processamento mínimo dos tubérculos de yacon e a utilização de embalagens com atmosfera modificada possibilitam o consumo direto do mesmo com facilidade e praticidade e ainda permitem uma maior vida útil do produto preservando as suas características de qualidade e o seu valor nutritivo, proporcionando assim os benefícios de uma alimentação saudável.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Principal

Estudar os aspectos tecnológicos para a obtenção e conservação de um produto para consumo humano direto a partir de tubérculos de yacon (*Polyminia sonchifolia*).

1.1.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar a matéria-prima mediante análises físico-químicas;
- Determinar condições adequadas de processamento que evitem o escurecimento do produto;

➤ Determinar a qualidade do produto mediante análises físico-químicas, microbiológicas e sensoriais e identificar as melhores condições de armazenamento que aumentam a vida útil dos tubérculos de yacon.

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

Será apresentado no Capítulo 2, uma revisão da literatura sobre o processamento mínimo, os tubérculos de yacon, a definição de atmosfera modificada e o emprego de embalagens com atmosferas modificadas. No capítulo 3, a caracterização física e química dos tubérculos de yacon. No capítulo 4, um estudo sobre a adição de diferentes agentes antioxidantes com o objetivo de reduzir o escurecimento dos tubérculos de yacon minimamente processados. Finalmente, no capítulo 5, um estudo sobre o emprego de embalagens com diferentes atmosferas, objetivando a manutenção das características físico-químicas, microbiológicas e sensoriais dos tubérculos minimamente processados.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 PROCESSAMENTO MÍNIMO DE VEGETAIS

O consumo de alimentos *in natura* ou que tenham sofrido pouca manipulação ou alterações em seu processamento, vem aumentando consideravelmente nas últimas décadas. Longe de ser modismo passageiro, este fato reflete uma nova tendência de mercado quer nos países desenvolvidos, quer nos países em desenvolvimento, como o Brasil (WILEY, 1997).

Atualmente não se busca apenas disponibilizar alimentos em quantidades suficientes a toda população e em qualquer época do ano, o que pode ser obtido por meio dos modernos métodos de processamento e preservação de alimentos, busca-se também alimentos de alta qualidade, que acompanham uma dieta saudável e completa (SAINZ et al., 1999).

Os consumidores têm modificado o perfil de compras com inserção, cada vez maior, de produtos com grande conveniência, alto valor nutritivo, excelente qualidade sensorial e com garantia de sanidade. Este quadro faz com que os produtos minimamente processados (MP) ganhem cada vez mais importância no mercado de alimentos. Segundo a Associação Internacional dos Produtos Minimamente Processados (IFPA, 2001), estes produtos são definidos como alimentos que são modificados fisicamente e que mantêm o seu estado fresco. Assim, são produtos frescos, tornados convenientes, com qualidade e garantia de sanidade (CANTWELL, 1992; DURIGAN, 2000).

Aliar a preservação de alimentos, a pouca manipulação no seu processamento e a praticidade e rapidez no seu preparo final é uma tarefa difícil, mas o conceito de processamento mínimo de alimentos ou alimentos minimamente processados (MP) consegue isto com grande eficiência e, ainda cria um novo nicho no mercado da indústria de alimentos, fornecendo produtos de baixo custo de produção e com maior valor para comercialização (ARAÚJO, 1999).

As principais diferenças entre alimentos MP e alimentos *in natura* estão em processos específicos de manipulação e nas etapas de conservação suplementares aplicadas aos alimentos (ROLLE & CHISM, 1987). É claro que estes processos de manipulação devem ser realizados de modo cuidadoso, de forma que não alterem a

caracterização do produto, além disso, as etapas posteriores de conservação não devem incluir aditivos ou fatores que alterem o produto final (SAINZ, 2001).

A utilização de produtos minimamente processados no Brasil é recente, mas seu potencial de crescimento é elevado, devido à economia de tempo e trabalho que proporciona no nível doméstico, em redes de alimentação rápida e em restaurantes. Estas mudanças levam a profundas alterações no agronegócio, pois se procura entender todas as implicações que estes novos hábitos têm no sistema, para que se possa realizar todas as adequações necessárias (SOUZA, 2000).

2.1.1 Processamento

A tecnologia de produção dos MP envolve as etapas de fragmentação, redução de tamanho, limpeza, cortes e outras. Nestas etapas retiram-se imperfeições da matéria-prima, uniformizando-a e agregando valor ao produto final.

Segundo a EMPRAPA (2003) as etapas podem ser descritas da seguinte forma:

a) Manejo pós-colheita

Após a colheita, as hortaliças devem ser armazenadas na sombra ou em caminhões cobertos. O ideal é lavá-las, se possível, já no campo ou mesmo resfriá-las com água ou em câmaras frias. Devem ser levadas para a área de processamento e armazenadas sob refrigeração de aproximadamente 10° C em câmaras frias que devem ser dotadas de controle de temperaturas e umidade relativa, possuindo sistema de circulação e renovação do ar interno.

b) Seleção e classificação

Consiste na retirada de materiais impróprios para o consumo, bem como partes da matéria-prima que não serão processadas, e deve ser realizada em mesas de aço inoxidável, limpas e sanitizadas com cloro.

c) Pré-lavagem

Realizada com água limpa e de boa qualidade, para remoção de impurezas, insetos ou outros organismos que ficam presos ao produto. Após esta etapa o produto é transferido para a área de processamento.

d) Descascamento e corte

Esse processo pode ser feito com o uso de descascadores manuais previamente sanitizados com cloro, ou por meio de abrasão. A temperatura do local deve estar em torno de 12°C a 14°C e o produto requer um tipo de corte ou fatiamento.

e) Enxágüe

A água deve estar na temperatura de 4 a 6°C para resfriamento e retirada de suco celular resultante do corte.

f) Sanitização

É a imersão do produto em solução aquosa contendo cloro, com concentração de 100 a 150 mg/L de cloro ativo e com temperatura de 5°C, por aproximadamente 10 minutos.

g) Centrifugação

Necessária para retirar o excesso de água presente no produto em decorrência da lavagem e sanitização. Realizada em centrífugas industriais de aço inoxidável por um período de 3 a 10 minutos.

h) Embalagem

Os vegetais continuam respirando após a colheita e, portanto, as concentrações de oxigênio, gás carbônico e etileno sofrem alterações após o acondicionamento destes produtos em embalagens. Utilizar embalagens próprias para cada tipo de produto e, em alguns casos, utilizar misturas de gases no interior das embalagens, diminui a taxa respiratória desses produtos e aumenta a sua conservação. A embalagem tem ainda outra importância fundamental: a rotulagem. A venda de um produto está intimamente ligada ao rótulo, o qual deve possuir prazo de validade, tipo de produto, local de processamento, teor nutricional e outras informações que chamem a atenção do consumidor.

i) Armazenamento

Depois de embalado e etiquetado, o produto é armazenado em câmaras frias, com temperatura variando de 2°C a 5°C até sua distribuição e comercialização.

2.1.2 Segurança dos Produtos Minimamente Processados

A segurança alimentar de vegetais minimamente processados é um pressuposto básico para o sucesso desta atividade agroindustrial. Desde a observância de regras básicas de Boas Práticas de Fabricação (BPF) até a adoção de ferramentas de gestão de qualidade como a Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC), as indústrias devem assegurar aos seus consumidores que seu produto seja seguro e livre de contaminação química, física e microbiológica.

Na maioria dos casos, a redução na qualidade final do produto bem como alterações em suas características microbiológicas são frutos da utilização de procedimentos ineficazes de higiene e sanitização na cadeia de produção. Apesar de todo o crescimento verificado no setor de minimamente processados no país nos últimos anos, é crescente o relato de doenças infecciosas associadas ao consumo de vegetais minimamente processados (ANDRADE et al., 2004), o que tem despertado interesse de agências regulamentadoras, como a ANVISA, e institutos de defesa dos consumidores, como é o caso do IDEC (Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor).

Os processadores devem estar atentos ao fato de que estão produzindo alimentos cuja filosofia é “direto da embalagem para a mesa do consumidor” e, portanto, devem se preocupar com a higiene e demais processos de sanitização.

Estudos demonstraram que a carga microbiológica que os vegetais possuem no momento da colheita está acima de 100 UFC/grama de matéria fresca. Dentre os microrganismos mais comuns citam-se bactérias, fungos e leveduras. As bactérias predominantes são *Pseudomonas spp*; *Erwinia herbicola* e *Enterobacter agglomerans* (ANDRADE et al., 2004) e do grupo das patogênicas citam-se as do gênero *Salmonella* e *Clostridium* (IFPA, 2001).

Reduções significativas da população microbiana em vegetais minimamente processados podem ocorrer durante a etapa de sanitização com a adição de compostos químicos. A eficiência destes compostos depende de uma série de fatores, que atuam isoladamente ou em conjunto, como pH, temperatura da água, tempo de contato, natureza da superfície dos produtos e carga microbiana inicial. O cloro, nas suas diversas formas químicas, é o agente sanitizante adotado em maior escala, sendo um germicida de amplo espectro de ação (VANETTI, 2004). Estudos

têm demonstrado que concentrações de cloro livre de 50 a 200 ppm podem inativar células vegetativas de bactérias e fungos (SIMONS & SANGUANSRI, 1997). Todavia, recomenda-se que a concentração do sanitizante, ponto chave no sucesso da sanitização, deva ser estudada detalhadamente para cada tipo de produto, concentrações elevadas de cloro podem causar problemas como descoloração, perda de qualidade e aumento na corrosão de equipamentos. Outro ponto importante diz respeito à formação de trihalometanos e cloraminas que ocorrem pela combinação do cloro com matéria orgânica (GARG et al., 1990; PARK & LEE, 1995; VANETTI, 2004).

Portanto, é imprescindível que a indústria de alimentos minimamente processados com base em fundamentos tecnológicos comprovadamente eficientes, controle a higiene da matéria-prima, incluindo a água utilizada no processamento e as superfícies dos ambientes de processamento. Assim, esse grupo de alimentos poderá ser disponibilizado à população de forma segura em suas características físicas, químicas, microbiológicas, sensoriais e nutritivas.

2.2 MATÉRIA-PRIMA: TUBÉRCULOS DE YACON

2.2.1 Características do Yacon

O yacon pertence à família das *Asteraceae* e tem sido classificado com vários nomes científicos: *Polymnia sonchifolia*; *Polymnia edulis* e *Smallantus sonchifolius*, sendo comumente citado pelo primeiro destes. O nome yacon deriva da palavra quéchua “yaku” que significa água. Esta espécie é ainda conhecida na América do Sul por outros nomes regionais, como arboloco, aricoma, jícama/chícama, yíquima, jiquimilla e llacon/llagon/llag'on (ZARDINI, 1991).

O yacon é uma planta originária dos Andes, onde é utilizada na alimentação humana desde a civilização inca, e ganhou fama no Japão pela diminuição da glicose no sangue por meio do seu consumo repetido. Foi introduzida no Brasil no início dos anos 90, com mudas vindas do Japão, e tem sido cultivada por agricultores orgânicos para comercialização como produto medicinal (ÂNGULO, 2001).

O yacon não contém amido e é utilizado como uma fruta no sistema alimentar tradicional podendo ser ingerido cru. Outra característica do tubérculo de yacon é a sua alta produtividade em solos de moderada fertilidade, ultrapassando dez toneladas por hectare (GRAU & REA, 1997).

Os tubérculos de yacon são fusiformes e podem variar consideravelmente de tamanho, geralmente pesam de 200 a 500 g, mas podem chegar até 2 kg. A cor de sua casca varia do marrom ao púrpura opaco, mas internamente o tubérculo apresenta-se como um corpo carnoso alaranjado e tem sabor parecido com o do melão e da pêra (ANGULO, 2001).

É uma planta perene, de propagação vegetativa, dotada de um sistema radicular que origina caules aéreos pilosos esverdeados que geralmente atingem uma altura de 2 a 2,5 m. O sistema subterrâneo apresenta três partes: os rizomas ou rizóforos, as raízes tuberosas e as raízes delgadas. Os rizóforos ou rizomas, ricos em fibras duras e não-digeríveis, contêm gemas que dão origem a novas plantas. As raízes tuberosas são comestíveis e contêm mais fibras solúveis, enquanto as raízes delgadas desempenham funções de absorção e fixação (QUINTEROS, 2000).

O yacon é cultivado em regiões próximas a florestas úmidas, em microambientes temperados e chuvosos. Dependendo do índice pluviométrico, completa seu ciclo produtivo em 7 meses, que podem ser mais longo em altitudes mais elevadas. No Brasil, a safra vai de março a setembro, mas é possível encontrar uma pequena oferta em outros meses (QUINTEROS, 2000).

2.2.2 Valor Nutritivo do Yacon

Conforme demonstra a Tabela 2.1 a composição do tubérculo apresenta um conteúdo elevado em carboidratos e baixo em proteínas e gorduras.

A maior parte da raiz tuberosa é constituída por água (umidade), que normalmente supera 70 % de seu peso fresco, podendo chegar a 90%. Cerca de 70 – 80 % de sua matéria seca é constituída por carboidratos, principalmente frutanos (QUINTEROS, 2000).

TABELA 2.1 - COMPOSIÇÃO DO YACON POR 100 g DA PORÇÃO COMESTÍVEL

	CAPITO (2001)	QUINTEROS (2000)
Umidade, g	90,8	86,2
Proteína, g	0,32	0,71
Gordura, g	0,12	0,25
Carboidratos, g	12,5	s.d.
Fibra, g	0,84	3,59
Cinzas, g	0,41	s.d.
Cálcio, mg	s.d.	9,92
Fósforo, mg	s.d.	12,28
Ác. Ascórbico, mg	s.d.	8,26
Energia, kcal	54	s.d.

Nota: s.d = sem dados

FONTE: QUINTEROS, 2000; CAPITO, 2001.

A maioria dos tubérculos armazena carboidratos na forma de amido, já o yacon armazena os carboidratos na forma de frutanos (VILHENA, 1997). Os frutanos são polímeros de frutose relacionados estruturalmente e metabolicamente com a sacarose e consistem de séries homólogas de oligo e polissacarídeos não redutores, cada um contendo um resíduo a mais de frutose que o membro anterior da série, de forma que o frutano mais simples é um trissacarídeo (QUINTEROS, 2000).

VILHENA (1997) em estudo do comportamento dos carboidratos de reserva nas raízes tuberosas do yacon após colheita observou uma diminuição no conteúdo desses carboidratos demonstrando um elevado teor de frutoligossacarídeos (FOS) nas amostras recém-colhidas que diminui com o decorrer do período de armazenamento, enquanto os mono e dissacarídeos apresentam um processo contrário. De acordo com QUINTEROS (2000) isto se deve à degradação enzimática destes compostos, que ocorre mesmo quando a raiz é armazenada em baixas temperaturas.

Os frutanos do tipo inulina e oligofrutose são amplamente distribuídos na natureza, presentes em cerca de 36 mil espécies vegetais. Estima-se que o consumo de FOS de fontes naturais é de aproximadamente 13,7 mg/kg/dia ou 806 mg/dia (VILHENA, 1997).

A Tabela 2.2 apresenta o conteúdo de inulina e oligofrutose de alguns alimentos.

TABELA 2.2 – CONTEÚDO DE INULINA E OLIGOFRUTOSE EM ALIMENTOS

FONTES	NOME CIENTÍFICO	PARTE COMESTÍVEL	INULINA (%)	OLIGOFRUTOSE (%)
Alcachofra	<i>Cynara scolymus</i>	Folhas centrais	3 - 10	< 1
Alho	<i>Allium sativum</i>	Bulbo	9 - 16	3 – 6
Almeirão	<i>Cichorium intybus</i>	Raízes	15 - 20	5 – 10
Aspargo	<i>Asparagus officinalis</i>	Talo	1 – 30	1 – 20
Banana	<i>Musa acuminata</i>	Fruto	0,3 – 0,7	0,3 – 0,7
Bardana	<i>Arctium lappa</i>	Raízes	3,5 – 4,0	s.d.
Cebola	<i>Allium cepa</i>	Bulbo	2 – 6	2 – 6
Centeio	<i>Secale sativa</i>	Grãos	0,5 – 1	0,5 – 1
Cevada	<i>Hordeum vulgare</i>	Grãos	0,5 – 1,5	0,5 – 1,5
Dente leão	<i>Taraxacum officinale</i>	Folhas	12 – 15	n.a.
Trigo	<i>Triticum aestivum</i>	Grãos	1 – 4	1 – 4
Tupinambo	<i>Helianthus tuberosus</i>	Tubérculos	16 – 20	16 – 20
Yacon	<i>Polymnia sonchifolia</i>	Raízes	3 - 19	3 - 19

NOTA: s.d. – sem dados.

FONTE: CAPITO (2001).

A inulina pode ser considerada como um ingrediente funcional, com baixa contribuição calórica, devido às propriedades nutricionais, descritas a seguir.

Após a ingestão, a inulina não é quebrada no sistema digestivo humano, devido à resistência à hidrólise oferecida pelas ligações β -(2,1) entre as molécula de frutose (ROBINSON, 1995) e por este motivo não resulta em contribuição calórica nesse processo. Apenas no cólon ocorre a degradação de inulina por fermentação de bactérias e, conseqüentemente, ocorre uma baixa contribuição calórica indireta em cerca de 1,0 a 1,5 kcal/g de inulina (ROBERFROID, GIBSON & DELZENNE, 1993) ou 1,48 kcal/g de inulina (RANHOTRA, GELROTH & GLASER, 1993).

A inulina afeta os parâmetros fisiológicos do sistema digestivo, como esvaziamento gástrico, tempo de trânsito, pH, e massa fecal de forma similar às fibras dietéticas (ROBERFROID, GIBSON & DELZENNE, 1993). Pelo efeito benéfico no sistema digestivo, a inulina é considerada um “alimento funcional”.

A ingestão de inulina resulta em um significativo incremento dos benefícios das bifidobactérias. Essas bactérias estimulam o sistema imunológico, a absorção de minerais e inibem o crescimento de bactérias nocivas ao organismo (HEWITT, 1994).

Devido a estas propriedades, pesquisas realizadas por VOLPATO et al. (1997) e AYBAR et al. (2001) sugerem que o yacon pode reduzir os níveis de glicose no sangue.

2.3 ALTERAÇÕES DOS VEGETAIS PROCESSADOS MINIMAMENTE

2.3.1 Respiração

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 e calor, e de outras moléculas que podem ser usadas pelas células na manutenção dos processos bioquímicos ou nas reações de síntese.

A conservação de produtos minimamente processados é um processo especialmente complexo, do qual participam as células vegetais danificadas, as intactas e as inativadas. Enquanto algumas células respiram em velocidade normal, as danificadas respiram em velocidades maiores (ROLLE & CHISM, 1987).

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 acarretam um curto período de vida dos vegetais. Assim, o controle da respiração passa a ser a condição essencial para obtenção de condições adequadas de armazenamento dos produtos perecíveis (KADER, 1986; SIGRIST, 1982; CHITARRA & CHITARRA, 1990).

Os tubérculos apresentam uma atividade respiratória diferenciada quando comparados com outros tipos de vegetais. Segundo FONSECA, OLIVEIRA & BRECHT (2002), existem dois fatores intrínsecos que afetam a respiração, o tipo e o

estágio de maturação dos tubérculos, o qual apresenta atividade metabólica diferente e conseqüentemente, diferente taxa de respiração, mesmo entre diferentes variedades de um mesmo tubérculo. REES et al. (2003) em seus estudos sobre tubérculos embalados em atmosfera modificada, demonstraram a ocorrência da respiração anaeróbica durante o armazenamento, MERCADO-SILVA et al. (2003) também obtiveram respiração anaeróbica em cenouras embaladas em filme de baixa permeabilidade.

2.3.2 Temperatura

O controle da temperatura é o fator mais importante para minimizar os efeitos dos fermentos nos tecidos de produtos minimamente processados (KADER, 1986; BRECHT, 1995). Para estes produtos, a cadeia de frio deve começar, preferencialmente, logo após a colheita, pois o pré-resfriamento da matéria-prima prolonga a vida útil dos mesmos, pelo retardamento dos processos fisiológicos (SIGRIST, 1982; WILEY, 1997).

Baixas temperaturas durante o armazenamento, retardam o metabolismo do vegetal através da diminuição da sua taxa respiratória e da redução da atividade enzimática (CHITARRA & CHITARRA, 1990). Dentro da variação fisiológica de cada espécie, a taxa respiratória normalmente aumenta com a elevação da temperatura, principalmente na faixa de 5°C a 20°C (CHITARRA, 1998).

Temperaturas superiores a 10°C promovem um incremento muito rápido na concentração de CO₂ dentro das embalagens, devido ao aumento na atividade metabólica e no crescimento microbiano (WILEY, 1997).

2.3.3 Umidade Relativa

As frutas e hortaliças possuem em seus espaços intercelulares aproximadamente 100% de água, sendo que a tendência é, quase sempre, de o vapor d'água escapar destes espaços para o ambiente, por transpiração. Este processo ocorre porque a umidade relativa do ambiente onde se encontram é freqüentemente menor que 100% (WILEY, 1997).

2.3.4 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, à maior suscetibilidade à oxidação enzimática e à contaminação microbiológica (WILEY, 1997).

Os vegetais minimamente processados possuem maior relação superfície/volume do que quando inteiros, favorecendo ainda mais a perda de água de seus tecidos (SIGRIST, 1982).

Em comparação com os vegetais inteiros, o processamento mínimo reduz a vida útil do vegetal, tornando obrigatório a refrigeração (BARRIGA et al., 1991).

2.4 QUALIDADE DOS PRODUTOS MINIMAMENTE PROCESSADOS

Do ponto de vista técnico a qualidade de um produto engloba os aspectos microbiológicos, físico-químicos e nutricionais, os quais promovem alterações sensoriais. Do ponto de vista do consumidor ou mercadológico, o termo qualidade foi definido por NASCIMENTO, MOLICA & MORAES (2000) 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, são direcionados a uma classe de consumidores mais exigentes quanto às características sensoriais e nutricionais, ou seja, produtos “premium” (NASCIMENTO, MOLICA & MORAES, 2000). Nesse sentido, os produtos MP devem apresentar consistência, aparência de frescor, cor aceitável e ser razoavelmente livre de defeitos, fatores visuais que influenciam a decisão de compra.

Da mesma forma que nos vegetais convencionais (inteiros), porém mais enfaticamente devido ao processamento que sofrerão, nos vegetais MP a origem da qualidade está relacionada com a cultivar escolhida, grau de maturidade na colheita, técnicas de colheita e danos mecânicos que possam sofrer antes do processamento mínimo. Técnicas adequadas de pré-colheita, colheita e pós-colheita devem ser

aplicadas para que a matéria-prima esteja no seu grau máximo de qualidade e conservação para ser processada, de forma a atender os padrões de qualidade requeridos para esses produtos (CASTRO, 1982; SHEWLFELT, 1987).

2.4.1 Características Físico-Químicas

Os vegetais possuem elevado teor de umidade, ou seja, são altamente perecíveis, e o grau de disponibilidade de água em um alimento, que é definido como a atividade de água, tem sido considerada uma propriedade fundamental no controle de qualidade de alimentos devido às reações deteriorativas e o desenvolvimento de microrganismos.

Alimentos ricos em água, com valores de atividade de água acima de 0,9 sofrem facilmente contaminação microbiológica, enquanto que as reações químicas ocorrem em atividade entre 0,4 a 0,8 (BOBBIO & BOBBIO, 2001).

O processo da transpiração está associado à respiração e é o principal fator responsável pela perda de peso que refletem no “murchamento” dos tecidos. Os vegetais possuem cerca de 75 a 95% de água, sendo a umidade relativa ou 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. O comprometimento da qualidade ocorre devido à perda de textura ou flacidez, a aparência enrugada ou a perda de peso propriamente dita.

Os fatores que influem na transpiração podem ser externos e internos. Os internos estão relacionados com o tamanho, a forma, a superfície externa, as células das hortaliças e os danos mecânicos (corte). Os externos são a temperatura e a umidade relativa do ambiente de armazenamento, a velocidade de circulação de ar, utilização de embalagem durante o armazenamento (SIGRIST, 1982).

Os componentes químicos principais dos vegetais podem ser classificados como carboidratos, proteínas, lipídios, ácidos orgânicos, pigmentos, compostos fenólicos, compostos voláteis, vitaminas e minerais. As transformações bioquímicas ocorrem desde o período de desenvolvimento até a senescência sendo que os carboidratos são os componentes de maior concentração nos vegetais frescos e consequentemente aqueles que sofrem as maiores transformações (SIGRIST, 1982;

CHITARRA, 1998). Deste modo, a taxa de degradação dos carboidratos indica os níveis de metabolismo mantidos durante o armazenamento.

As proteínas, em menor teor nas hortaliças, estão envolvidas em processos enzimáticos que catalisam os processos metabólicos. São sintetizadas durante a maturação e a senescência. Os ácidos orgânicos são metabolizados no processo de respiração e seus teores decrescem após a colheita. Os compostos fenólicos são importantes do ponto de vista de conservação por serem substratos de reações enzimáticas que provocam o escurecimento indesejável durante o armazenamento, isto é, são oxidados em orto-quinonas mediante a ação da enzima polifenoloxidase. As vitaminas, principalmente a vitamina C, sofrem consideráveis reduções quando o produto é exposto em condições de altas temperaturas e danos mecânicos, além de sofrerem com o frio e armazenamento prolongado (SIGRIST, 1982; CHITARRA, 1998).

De uma forma geral, índices como sólidos totais, sólidos solúveis (açúcares) e acidez estão diretamente relacionados com a aceitabilidade (SIGRIST, 1982; SHEWLFELT, 1987) e podem ser utilizados para avaliar a qualidade durante a vida-útil do vegetal MP.

2.4.2 Características Sensoriais

Aplica-se a análise sensorial na avaliação de produtos minimamente processados, onde se busca determinar as alterações nos parâmetros de qualidade e no estudo da vida útil (HEIMDAL et al., 1995; HAMZA et al., 1996; LÓPEZ-GALVEZ et al., 1997).

A análise sensorial pode ser definida como uma disciplina científica usada para evocar, medir, analisar e interpretar reações em alimentos que possam ser percebidas pelo sentido da visão, olfato, tato e audição, utilizando conhecimentos de ciência de alimentos, fisiologia, psicologia e estatística (SIMPSON, PIGGOTT & WILLIAMS, 1998). Este tipo de análise representa uma técnica de medição tão importante para avaliar e conhecer a qualidade de um alimento, quanto às análises físico-químicas e microbiológicas.

É considerada uma análise subjetiva, uma vez que depende do julgamento de humanos por meio dos órgãos do sentido, sendo influenciada pela experiência e

capacidade do julgador, além de fatores externos como local de análise, estado emocional e de saúde do provador, condições e formas de apresentação da amostra-teste. Contudo, a utilização correta da tecnologia sensorial disponível leva à obtenção de resultados reprodutíveis, com precisão e exatidão comparáveis às dos métodos denominados objetivos (CHAVES & SPROESSER, 1996).

A qualidade de um alimento é avaliada pelo consumidor pelas suas características, destacando-se entre elas a cor. Segundo SARANTÓPOULOS, OLIVEIRA & CANAVESI (2001), o consumidor espera ver nos alimentos frescos ou processados, uma aparência natural que os torne atraentes. A ausência do aspecto natural acarreta a rejeição do produto e leva o consumidor a interpretar que tais alimentos estejam deteriorados e/ou adulterados.

Para o consumidor, os atributos cor e aparência de um alimento contribuem para maior aceitabilidade desses. As alterações sensoriais como cor, sabor, aroma e aparência são de grande importância, pois limitam a vida útil de produtos assim como determinam a qualidade e aceitabilidade dos mesmos (TEIXEIRA, MEINART & BARBETTA, 1987).

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

2.4.3 Características Microbiológicas

A qualidade microbiológica de alimentos minimamente processados está relacionada com a presença de microrganismos deterioradores que irão contribuir com as alterações das características sensoriais do produto, tais como cor, odor, textura e aparência durante o período de vida útil.

Os vegetais são classificados como alimentos altamente perecíveis devido a alta atividade de água, condições ideais para o desenvolvimento de microrganismos patógenos. Entre os patógenos de origem alimentar, bactérias como *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, *Shigella*, *Escherichia coli* estão relacionados com surtos de origem alimentar em razão do consumo de vegetais minimamente processados (BEUCHAT, 2002).

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 taxas 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 *Listeria monocytogenes* estão hábeis para se desenvolverem (BRACKETT 1987; PHILLIPS, 1996; WILEY, 1997).

No Brasil não existe legislação específica para essa categoria, no entanto os mesmos são classificados na Resolução - RDC nº 12, de 2 de Janeiro de 2001 que trata dos Padrões Microbiológicos Para Alimentos, como pertencente ao grupo “HORTALIÇAS, LEGUMES E SIMILARES INCLUINDO COGUMELOS (FUNGOS COMESTIVEIS)”, definidas como “frescas in natura, preparadas (descascadas ou selecionadas ou fracionadas), sanificadas, refrigeradas ou congeladas para consumo direto, com exceção do cogumelo (Tabela 2.3).

TABELA 2.3 - PADRÕES MICROBIOLÓGICOS PARA PRODUTOS VEGETAIS

Microrganismos	Tolerância (amostra indicativa)
Coliformes a 45° C (NMP/g)	10 ²
<i>Salmonella sp</i> / 25g	Ausente

FONTE: BRASIL, 2001.

As contaminações por parasitas e vírus são relevantes. As parasitoses são facilmente disseminadas por vegetais frescos sendo contaminados antes da colheita devido à água de irrigação. Esses parasitas são resistentes aos tratamentos de desinfecção aplicados ao processamento mínimo, e devem ser considerados como fonte de contaminação real. As viroses também podem estar presentes nos vegetais também devido à água de irrigação contaminada (BRACKETT, 1987).

2.4.4 Características Enzimáticas

As enzimas são macromoléculas protéicas específicas, denominadas de catalisadores de sistemas biológicos, que determinam o perfil das transformações bioquímicas (STRYER, 1996). As reações enzimáticas são responsáveis pela maioria das alterações sensoriais que envolvem os vegetais (escurecimento, descoloração, entre outros).

Alguns vegetais tornam-se escuros rapidamente, por reações catalisadas por enzimas, sendo a mais importante a Polifenoloxidase (PPO). As enzimas Peroxidase (POD) e Fenilalanina amônia liase (FAL) também são responsáveis pelo escurecimento em hortaliças minimamente processadas.

A POD é uma enzima que contém um grupo heme e está relacionada com o processo de cicatrização, como por exemplo, a lignificação (CANTOS et al., 2002; LAURILA, HURME & AHVENAINEN, 1998), promovendo a oxidação de compostos fenólicos na presença de peróxido de hidrogênio (LAURILA, HURME & AHVENAINEN, 1998).

A FAL é uma enzima responsável pela biossíntese de fenilpropanóides. Observou-se que a atividade da FAL aumenta, após a injúria, na maioria dos tubérculos submetidos ao processamento mínimo em fatias (CANTOS et al., 2002), comportamento típico dessa enzima em resposta ao *stress*. Nesse caso, o escurecimento ocorre quando os produtos do metabolismo dos fenilpropanóides, como os compostos fenólicos e possivelmente outros substratos, são oxidados em reações catalisadas por fenolases, como a PPO e a POD (BRECHT, 1995).

As PPO também são conhecidas como tironases, catecolase, polifenolase, catecol oxidase entre outros (FENNEMA, 2000). A PPO promove a hidroxilação de compostos monofenólicos a o-difenóis que posteriormente são oxidados a o-quinonas. As quinonas condensam-se e reagem não-enzimaticamente com outros compostos como os fenólicos, amino-ácidos e proteínas, produzindo pigmentos de coloração escura e estrutura indeterminada (HEMEDA & KLEIN, 1990; IADEROZA & BALDINI, 1991; CLEMENTE & PASTORE, 1998).

As reações enzimáticas são dependentes da temperatura, e podem ser inativadas por compostos químicos como os antioxidantes (WILEY 1997).

Entre os inibidores de escurecimento conhecidos, apenas alguns são potenciais alternativas ao emprego de sulfitos (TUDELA, ESPÍN & GIL, 2002; VÁMOS-VIGYAZÓ, 1981; WATADA, ABE & YAMUCHI, 1990; WHITAKER & LEE, 1995). Os sulfitos têm várias aplicações em alimentos, prevenindo os escurecimentos enzimáticos e não-enzimáticos, controlando o crescimento de microrganismos, atuando como agente antioxidante, além de outras funções tecnológicas (LAURILA, HURME & AHVENAINEN, 1998). Entretanto, o uso de sulfitos pode provocar corrosão de equipamentos, diminuição do valor nutricional, perda de firmeza e formação de *off-flavors*.

Efeitos adversos à saúde estão sendo relacionados ao uso de sulfitos (LAMBRECHT, 1995; LANGDON, 1987), o que impulsiona a busca por alternativas a sua aplicação. Portanto, a utilização de inibidores do escurecimento em produtos hortícolas MP é restrita aos compostos que não ofereçam riscos de toxidez e não interfiram negativamente no aroma e sabor característicos dos produtos (SAPERS, 1993). Dentre os compostos amplamente utilizados no controle do escurecimento destaca-se o ácido ascórbico e o ácido cítrico (BARRET, 1998).

O ácido ascórbico é um dos inibidores do escurecimento enzimático mais amplamente utilizado. Sua ação sobre o sistema PPO é complexa, atuando como um inibidor competitivo. Sua eficiência depende da concentração no meio: em baixas concentrações, pode ser rapidamente consumido, prevenindo o escurecimento apenas por um curto período, enquanto em elevadas concentrações proporciona uma proteção permanente (NICOLAS et al., 1994; SAPERS, 1993).

O ácido cítrico, composto largamente empregado como aditivo alimentar (NOT, 1996), além de atuar sobre a enzima, reduz o pH exercendo uma dupla ação sobre o escurecimento oxidativo (OKEREKE & BEELMAN, 1990; TAYLOR, 1993; ZEMEL et al., 1990).

Possuem uma grande aplicação em frutas, em carambolas minimamente processadas, o uso de ácido cítrico foi testado por MATTHEWS & MYERS (1995) e WELLER et al. (1997), sendo mais efetivo em concentrações aquosas variando 2,5% a 5%.

TEIXEIRA et al. (2002) verificaram que a imersão de carambolas minimamente processadas em ácido ascórbico a 1% incrementou os teores deste ácido nos pedaços. Todavia, estes teores reduziram ao longo do armazenamento.

Estes resultados são semelhantes aos encontrados por GORNY et al. (2002), que verificaram a completa oxidação do ácido ascórbico aplicado em pêras minimamente processadas após três dias de armazenamento. Confirmando a necessidade do uso de maiores concentrações do ácido ascórbico.

O escurecimento em bananas minimamente processadas e associa com o aumento na atividade de polifenoloxidase. O tratamento com ácido ascórbico 2% e cloreto de cálcio 1% controla o natural aumento dessa enzima durante o armazenamento (VILAS BOAS, 2002).

MOREIRA et al. (2004) avaliaram qual a melhor concentração de ácido ascórbico, visando a manutenção da qualidade de maçã minimamente processada, ao final do experimento pode-se concluir que a concentração de 3% foi melhor para a manutenção da qualidade das frutas.

Estudos realizados em tubérculos e raízes indicaram que o uso de ácido ascórbico e ácido cítrico na proporção (1:2%) respectivamente proporcionou melhor qualidade sensorial em batatas minimamente processadas, após sete dias de estocagem (AHVENAINEN et al., 1998), e RIBEIRO et al. (2004) estudaram o efeito do tratamento de mandioca minimamente processada com ácido cítrico. A utilização de ácido cítrico, a 5%, inibiu o escurecimento e a pigmentação amarela fluorescente, resultante do crescimento de *Pseudomonas fluorescens*, as amostras foram aceitas até o 20º dia de armazenamento.

2.5 ATMOSFERA MODIFICADA

A atmosfera modificada (AM), consiste na adição ou remoção dos gases que compõem a atmosfera normal do ar (BRACKMANN & CHITARRA, 1998). O acondicionamento em AM é um processo tecnológico de preservação de alimentos de uso crescente nas duas últimas décadas. Em essência é uma técnica que, através da exposição dos alimentos a misturas gasosas específicas, controla o desenvolvimento de microrganismos, a respiração, a ação enzimática e a oxidação, mecanismos esses que acarretam deterioração de alimentos. A idéia de modificar a atmosfera ao redor de um produto alimentício, com o fim de aumentar sua vida útil, se transformou em tecnologia aplicada comercialmente na preservação de carnes,

aves, pescado, produtos de panificação, frutas e hortaliças (SARANTOPOULOS et al., 1988; PASTORIZA et al., 1996).

A AM pode ser passiva ou ativa, é passiva quando resultante da respiração do produto no interior da embalagem e ativa quando realizado o ajuste ideal, ou pelo menos adequado, da atmosfera na embalagem, tal ajuste pode ser feito por meio da aplicação de vácuo e substituição pela mistura gasosa desejável (BRACKMANN & CHITARRA, 1998).

Inúmeras são as vantagens de aplicação de embalagens com atmosferas modificadas, fazendo dessa tecnologia uma extrapolação atrativa de qualquer operação de alimentos frescos refrigerados: aumento da vida útil do produto, possibilidade de comercialização de produtos de alta qualidade, onde se conserva a cor, o aroma e o frescor do alimento, possibilidade de economia devido à redução de manuseio e distribuição de produtos inadequados ao consumo, aumento da margem de lucro nos pontos de venda de produtos frescos e refrigerados (ARRUDA, 1999; SAINZ, 2001).

O sucesso da AM consiste em se manter o mais próximo do ponto ideal os níveis de O_2 e CO_2 para obter os efeitos benéficos sem exceder os limites de tolerância, os quais podem induzir as desordens fisiológicas. As concentrações ideais dependem do tipo de produto e das condições de processamento e armazenamento (O'BEIRNE, 1990; BRECHT, 1995; KADER, ZAGORY & KERBEL, 1989). Vários estudos têm sido realizados com o objetivo 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 (HAMZA et al., 1996).

As concentrações de O_2 devem ser menores que 8% para apresentar algum efeito na redução da maturação de vegetais, sendo que quanto menor a concentração maior o efeito (KADER, 1986).

Elevadas concentrações de CO_2 também retardam a maturação dos tecidos e seu efeito é aditivo à redução de O_2 . O mecanismo de ação do CO_2 sobre a senescência não está claro, porém pode estar relacionado com a inibição do efeito do etileno na maturação dos tecidos (SHEWLFELT, 1987; ZAGORY & KADER, 1988).

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, ZAGORY & KERBEL, 1989).

QI, WU & WATADA (1999) observaram que a perda de qualidade em melões MP mantidos sob condições de 2:10 e 4:10 (O₂ : CO₂), foi concomitante ao aumento na taxa respiratória, verificado a partir do quinto dia. De acordo com os autores, as composições gasosas utilizadas foram benéficas na manutenção da qualidade e no controle do crescimento microbiano.

O acondicionamento de abacaxis *in natura* sob AM de 3-5% O₂ e 5-8% CO₂ proporciona a redução da taxa respiratória e o prolongamento da vida útil (KADER, 2003). Limites de CO₂ relativamente mais amplos (1-20% CO₂ e 2-5% O₂) foram estabelecidos por O'CONNOR SHAW et al. (1996) para o acondicionamento de abacaxi minimamente processado.

Para estudos realizados em tubérculos e raízes, BEZERRA (2000), avaliando as alterações na composição química de mandioca, mostrou que raízes branqueadas e embaladas a vácuo, armazenadas a 8°C, apresentaram-se livre de deterioração fisiológica até 18º dia de armazenamento. Porém, as raízes tornaram-se impróprias para o consumo em relação à aparência e sabor, a partir do 9º dia de armazenamento.

2.6 EMBALAGEM DOS VEGETAIS MINIMAMENTE PROCESSADOS

No passado, as embalagens na indústria de produtos frescos objetivaram basicamente o manuseio e a identificação dos produtos, enquanto atualmente a maior ênfase é na qualidade e no frescor, resultando numa reavaliação dos conceitos de “embalagem” para produtos frescos e minimamente processados.

A ação da embalagem na extensão da vida-útil de vegetais está vinculada às boas práticas de manipulação, com controle de contaminantes e das temperaturas de refrigeração no armazenamento, apresentando benefícios tais como: redução de contatos com superfícies abrasivas e danos mecânicos, melhoria no aspecto sanitário pela redução da contaminação externa e entre os produtos, redução da perda de água por manutenção de umidade relativa elevada, promover a

identificação dos produtos e marcas e criar condições de atmosfera modificada (BALMORE, 1987; KADER, ZAGORY & KERBEL, 1989).

Existem diferentes tipos de filmes atualmente utilizados na comercialização dos MP, sendo que os mais comuns são filmes poliolefinicos (simples, laminados ou co-extrudados) devido às propriedades de barreira ao vapor de água evitando murchamento, relativamente alta permeabilidade a O₂ e CO₂ e boas características de termosoldagem (SARANTÓPOULOS, OLIVEIRA & CANAVESI, 2001).

A Tabela 2.4 mostra as características de permeabilidade de alguns filmes e suas espessuras típicas.

TABELA 2.4 - ESPECIFICAÇÕES DE PERMEABILIDADE GASOSA EM FILMES FLEXÍVEIS

Filme	Espessura (μm)	Permeabilidade (ml/m ² /dia/atm) ⁽¹⁾	
		O ₂	CO ₂
Cloreto de Polivinila (PVC)	14 -18	15 - 20000	80 – 120000
Poliamida (PA)	100	15	250
Polietileno de Baixa Densidade (PEBD)	50	3000	10000
	35	4300	14000
	25	6000	20000
Polipropileno (PP)	15	2600	7500

NOTA: ⁽¹⁾ Geralmente medidas a 20-25°C
 FONTE: O'BEIRNE, 1990

Além de adequada taxa de permeabilidade aos gases é desejável que o material de embalagem apresente as seguintes características (BALMORE, 1987; KADER, ZAGORY & KERBEL, 1989; O'BEIRNE, 1990):

- Transparência para boa visualização do produto;
- Resistência mecânica;
- Selabilidade a baixas temperaturas;
- Apresentar efeito anti-condensação;
- Atóxico;
- Facilidade de rotulagem.

A maior área de aplicação de embalagem para atmosfera modificada (EAM) tem sido em vegetais MP, devido à elevada suscetibilidade ao rápido escurecimento enzimático dos tecidos.

A seleção da embalagem apropriada para produtos minimamente processados exige o conhecimento prévio das características do produto (taxa de respiração, produção de etileno, entre outros). Do mesmo modo, a permeabilidade a gases para cada tipo de filme polimérico é determinada pela espessura do material e do método de processamento. Portanto, a escolha da embalagem requer a otimização dos fatores físicos, químicos e ambientais. A especificação da embalagem, para cada tipo de produto, deve ser realizada por profissionais qualificados. Pois o uso de embalagens inadequadas pode trazer resultados adversos, prejudicando a qualidade do produto e o tempo de vida útil (CHITARRA, 1998).

A maioria dos filmes apresenta três a cinco vezes maior permeabilidade ao CO_2 do que ao O_2 , tornando difícil o controle independente do CO_2 apenas pelo filme (BALMORE, 1987; LABUZA & BREERNE, 1989; ZAGORY e KADER, 1988). Quanto maior a permeabilidade do filme, maior a entrada de oxigênio e saída de CO_2 o que limita o efeito na redução das taxas de respiração. Ao contrário, quando a permeabilidade é muito baixa ocorre um decréscimo do oxigênio e aumento do gás carbônico devido à respiração.

O armazenamento de mangas sob refrigeração associada à atmosfera modificada por filmes de cloreto de polivinila e polietileno de alta e baixa densidade, reduziu a perda de massa, proporcionou a manutenção dos teores de sólidos solúveis totais, açúcares solúveis totais e acidez total titulável (SOUSA, 2000).

TORRES et al. (2002) realizaram estudos com abacaxis minimamente processados que foram armazenados a 5°C por 8 dias em atmosfera modificada ativa ($2\% \text{ O}_2 + 10\% \text{ CO}_2$ e $5\% \text{ O}_2 + 5\% \text{ CO}_2$), os frutos foram embalados em bandejas de polipropileno de média barreira e selado com filme de poliéster + polipropileno de alta barreira, fazendo-se a injeção de gases. Realizou-se três tratamentos, sendo dois com atmosfera ativa e o controle com atmosfera passiva. Foi verificado que a atmosfera modificada reduz a solubilização das substâncias pécticas embora a textura não tenha sido alterada. Os diferentes tratamentos não alteraram o pH, e a atmosfera $2\% \text{ O}_2$ e $10\% \text{ CO}_2$ proporcionaram maiores valores de sólidos solúveis totais enquanto que a $5\% \text{ O}_2$ e $5\% \text{ CO}_2$ os menores teores de acidez.

Visando a redução do escurecimento em carambolas minimamente processadas, MATTHEWS et al. (1989) testaram diferentes filmes plásticos e atmosfera modificada e verificaram que ao embalar pedaços de carambola em filme de polietileno de baixa densidade, os mesmos tornaram-se mais escurecidos que os embalados em sacos de poliamida multicamadas.

CARBONARI et al. (2000), avaliando o efeito de 3 diferentes embalagens (filme de PVC 12 μm , filme a base de poliamida e polietileno com vácuo parcial de 20 inHg e embalagem de polietileno tereftalato - PET) para abacaxis cortados em fatias, verificaram, através da análise sensorial, que o produto mais aceito foi o abacaxi na embalagem PET e o menos aceito foi o da embalagem a vácuo. A vida útil do abacaxi, na embalagem PET na embalagem a vácuo foi de 11 dias, ao passo que o filme de PVC proporcionou durabilidade de 4 dias.

3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DOS TUBÉRCULOS DE YACON

3.1 INTRODUÇÃO

O yacon não contém amido e é utilizado como uma fruta no sistema alimentar tradicional podendo ser ingerido cru. A maior parte da raiz tuberosa é constituída por água, que normalmente supera 70% de seu peso fresco, podendo chegar a 90%. Cerca de 70–80% de sua matéria seca é constituída por carboidratos, principalmente frutanos (QUINTEROS, 2000).

Podem variar consideravelmente de cor e sabor, apresentam aparência similar à batata-doce e gosto similar à pêra ou melão. A casca varia desde uma cor marrom até uma tonalidade arroxeadas, enquanto a porção comestível pode ser branca, amarela, laranja ou roxa (FUKAI et al., 1997; QUINTEROS, 2000).

O yacon pode ser considerado um alimento funcional por conter elevado teor de frutanos, do tipo inulina e oligofrutossacarídeos (FOS) como carboidratos de reserva (QUINTEROS, 2000). A importância da inulina e dos FOS se deve do fato desses compostos não serem metabolizados pelo aparelho digestivo humano. Dessa forma apresentam efeito de fibra dietética e um valor calórico reduzido com benefícios à saúde, podendo estimular o crescimento de bifidobactérias no cólon e reduzir a concentração do colesterol sérico, também têm auxiliado no tratamento de diabetes, diminuindo a concentração de glicose sanguínea (HERMANN, FREIRE & PAZOS, 1998; QUINTEROS, 2000).

O presente trabalho teve como objetivo determinar a composição físico-química dos tubérculos de yacon e contribuir com dados nacionais sobre a caracterização dos tubérculos. Foram analisadas amostras de yacon, obtidas com produtor da região metropolitana de Curitiba estado do Paraná.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Matéria-Prima

As raízes de yacon (*Polymnia sonchifolia*) *in natura*, (Figura 3.1) foram obtidas com um produtor da região metropolitana de Curitiba. As amostras foram coletadas no mês de setembro de 2003 e transportadas para o laboratório de Química Analítica Aplicada/UFPR.

Os tubérculos foram lavados (para eliminar sujidades), descascados e fatiados. Amostras do tubérculo *in natura* foram utilizadas para a determinação de atividade de água, pH, sólidos solúveis e acidez total titulável. Para a determinação de umidade, proteínas, lipídeos, cinzas e fibra alimentar, a amostra foi submetida à secagem em estufa com circulação de ar forçada, em temperatura de 60°C até peso constante (aproximadamente 6 horas).



FIGURA 3.1 – TUBÉRCULOS DE YACON *IN NATURA*

3.2.2 Análises Físico-Químicas

3.2.2.1 Umidade

Determinado por método gravimétrico que se baseia na evaporação da água presente na amostra em estufa (Marconi MA 035) com circulação forçada de ar, com temperatura de 60°C até peso constante, segundo o método 925.10 da AOAC (2000).

3.2.2.2 Proteína

A quantificação de proteínas foi realizada empregando a metodologia oficial para determinação de nitrogênio total, método Kjeldahl (macro-Kjeldahl Prodicil) e o fator de 6,25 para conversão em proteína, conforme método número 955.04C de acordo com a AOAC (2000).

3.2.2.3 Lipídios

Determinado por extração com éter etílico durante 5 horas em extrator de Soxhlet (Prodicil), conforme método 920.39C da AOAC (2000).

3.2.2.4 Cinzas

Utilizou-se a metodologia que consiste na incineração dos compostos orgânicos em mufla (Quimis) a 550-600°C durante cinco horas, método número 900.02, segundo AOAC (2000).

3.2.2.5 Carboidratos

O conteúdo de carboidratos total foi calculado por diferença: 100 g – total g (proteínas, lipídeos, cinzas), portanto inclui a fração fibra alimentar (USP, 2004).

3.2.2.6 Fibra alimentar

Foi determinada utilizando-se uma combinação de métodos enzimático e gravimétrico, de acordo com o método 992.16 da AOAC (2000).

3.2.2.7 Energia

Calculada a partir da energia procedente dos nutrientes, considerando os fatores de conversão de Atwater: $\text{kcal} = (4 \times \text{g proteína}) + (4 \times \text{g carboidratos (carboidratos totais - fibra alimentar)}) + (9 \times \text{g lipídeos})$ (USP, 2003).

3.2.2.8 pH

Foi determinado utilizando potenciômetro de bancada (pHmetro Orion, modelo 710^A), método 981.12 da AOAC (2000).

3.2.2.9 Sólidos solúveis

Foi medido por refratometria, o qual determina os sólidos solúveis totais, método 932.12, segundo AOAC (2000).

3.2.2.10 Determinação da acidez total titulável (ATT)

Medido por meio de titulometria de neutralização com NaOH 0,01 N, utilizando fenolftaleína como indicador e os resultados foram expressos em porcentagem de ácido cítrico, método 942.15 (AOAC, 2000).

3.2.2.11 Atividade de água

A atividade de água foi determinada de acordo com o método especificado pelo fabricante, regulamentado pelo Departamento de Boas Práticas do Food and Drug Administration – FDA (DECAGON DEVICES INC., 2001).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores obtidos para a composição física e química em base úmida dos tubérculos de yacon *in natura* encontram-se descritos na Tabela 3.1, a mesma também apresenta os resultados encontrados por outros autores.

TABELA 3.1 – CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DOS TUBÉRCULOS DE YACON

DETERMINAÇÕES	BASE ÚMIDA n* = 3 Médias $\pm$ DP**	HERMANN (1998)	CAPITO (2001)	LACHMAN (2003)
Umidade (g)	89,8 $\pm$ 1,92	89,5	90,8	81,3
Proteína (g)	0,45 $\pm$ 0,03	0,37	0,53	1,00
Lípidos (g)	0,06 $\pm$ 0,01	0,02	0,12	0,10
Cinzas (g)	0,34 $\pm$ 0,02	0,05	0,41	s.d.
Carboidratos (g)	8,12 $\pm$ 0,04	10,6	12,5	13,8
Fibra Alimentar (g)	0,75 $\pm$ 0,07	0,36	0,84	0,90
pH	5,32 $\pm$ 0,15	s.d.	s.d.	s.d.
Sólidos Solúveis (° Brix)	9,31 $\pm$ 0,93	s.d.	s.d.	s.d.
Acidez Total Titulável (% Ácido Cítrico)	0,61 $\pm$ 0,09	s.d.	s.d.	s.d.
Atividade de Água	0,991 $\pm$ 0,12	s.d.	s.d.	s.d.
Energia (Kcal)	34,74	44	54	60

Nota: * n = número de amostras analisadas

** valores por 100 g de amostra

s.d = sem dados.

FONTE: HERMANN, FREIRE & PAZOS, 1998; CAPITO, 2001; LACHMAN, FERNANDEZ & ORSAK, 2003.

Os valores apresentados na Tabela 3.1 demonstram que os resultados estão compatíveis com os obtidos em literatura, apresentando algumas variações. Devido ao alto teor de água do yacon, o valor calórico encontrado é baixo 34,74 Kcal em 100g, quando comparado com outros vegetais como a maçã que possui um valor calórico de 60 Kcal/100 g e a batata inglesa de 120 Kcal/100 g (FRANCO, 1999).

Na Tabela 3.1, o teor de umidade determinado na amostra foi de 89,8%, valor próximo ao encontrado por HERMANN, FREIRE & PAZOS (1998) 89,5% e CAPITO (2001) 90,8%, porém o valor calórico encontrado foi de 34,74 kcal, inferior ao da literatura de 44, 54 e 60 kcal, segundo HERMANN, FREIRE & PAZOS (1998); CAPITO (2001) e LACHMAN, FERNANDEZ & ORSAK (2003), respectivamente; isso se deve ao conteúdo de carboidratos encontrado que foi de 8,12%, sendo que os autores citados encontraram 10,6%, 12,5% e 13,8%. Esta discrepância é explicada pela variação da composição do yacon nas diferentes épocas de colheita e condições de cultivo. VILHENA, CÂMARA e LIMA (2001) concluíram que há variação na quantidade de frutanos e açúcares redutores na planta dependendo da época de colheita, sendo que a quantidade máxima de frutanos é encontrada 7 a 8 meses após o plantio.

O resultado da determinação de atividade de água, apresentado na Tabela 3.1 foi de 0,991; este valor é confirmado pelo elevado teor de umidade encontrado para os tubérculos de yacon. Alimentos ricos em água com valores de atividade de água acima de 0,9 sofrem facilmente contaminação microbiológica (BOBBIO & BOBBIO, 2001) indicando a necessidade de cuidados adequados com a higiene para a manutenção da qualidade do produto.

Os resultados encontrados e apresentados na Tabela 3.1 apresentaram concentrações superiores para proteínas, lipídeos, cinzas e fibras em relação aos valores encontrados por HERMANN, FREIRE & PAZOS (1998) que verificaram a composição centesimal de tubérculos de yacon provenientes do Peru. Esta variação pode estar relacionada, principalmente, com a diferença geográfica do plantio do yacon. Quando comparados com os resultados encontrados por CAPITO (2001) e LACHMAN, FERNANDEZ & ORSAK (2003), os resultados foram inferiores para proteínas, lipídeos, fibras e cinzas.

Os valores encontrados para pH, sólidos solúveis, acidez total titulável e atividade de água não foram encontrados em literaturas para uma possível comparação, sendo estes dados importantes para estudos da manutenção da qualidade pós-colheita dos tubérculos de yacon.

3.4 CONCLUSÕES

Os valores em base úmida de proteínas 0,45%, carboidratos 8,12%, lipídeos 0,06%, fibras 0,75% e umidade 89,8%, encontrados nos tubérculos de yacon, apresentaram algumas diferenças quando comparados com outros estudos, o que poderia ser justificado pela interferência de fatores ambientais e épocas de colheitas.

Os tubérculos *in natura* analisados apresentaram alto conteúdo de água 89,8%, alta atividade de água 0,991 e baixo valor calórico 34,74 kcal/100g, estando de acordo com o conceito de que o yacon é um alimento de baixo valor calórico e extremamente perecível.

4 APLICAÇÃO DE DIFERENTES AGENTES ANTIESCURECIMENTO NO PROCESSAMENTO MÍNIMO DE TUBÉRCULOS DE YACON (*Polymnia sonchifolia*)

4.1 INTRODUÇÃO

Produtos minimamente processados (MP) são definidos como frutos ou hortaliças fisicamente alterados de sua forma original, permanecendo, no entanto, no estado fresco (International Fresh-Cut Produce Association – IFPA, 2001).

O estresse causado pelo descasque, corte e outras operações podem levar ao aparecimento de mudanças indesejáveis, principalmente na aparência do produto (CANTWELL, 1995; TORRES et al., 2002), devido a descompartimentalização das enzimas e substratos, levando a reações de escurecimento, amaciamento e de formação de metabólitos secundários (BURNS, 1995). A senescência é acelerada e pode haver o aparecimento de odores estranhos (WATADA et al., 1990), pois há um incremento na produção de etileno e na respiração, principalmente nas primeiras horas após o corte (PAUL & CHEN, 1997).

O escurecimento enzimático consiste num grave problema de qualidade, ocorrendo em vários produtos vegetais (SAPERS, 1993). As principais enzimas responsáveis pelo escurecimento dos tecidos vegetais são as polifenoloxidasas (PPO) (GONÇALVES, 2000).

A utilização de inibidores do escurecimento em produtos hortícolas MP é restrita aos compostos que não ofereçam riscos de toxidez e não interfiram negativamente no aroma e sabor característicos dos produtos (SAPERS, 1993). Dentre os compostos amplamente utilizados no controle do escurecimento destaca-se o ácido ascórbico e o ácido cítrico (BARRET, 1998).

Estudos realizados em tubérculos e raízes indicaram que o uso de ácido ascórbico e ácido cítrico na proporção (1:2%) respectivamente proporcionou melhor qualidade sensorial em batatas minimamente processadas, após sete dias de estocagem (AHVENAINEN et al., 1998) e RIBEIRO et al. (2004) estudaram o efeito do tratamento de mandioca minimamente processada com ácido cítrico. A utilização de ácido cítrico, a 5%, inibiu o escurecimento e a pigmentação amarela fluorescente,

resultante do crescimento de *Pseudomonas fluorescens*, as amostras foram aceitas até o 20º dia de armazenamento.

Este trabalho teve como objetivo determinar qual o melhor tratamento antiescurecimento utilizado no processamento mínimo de tubérculos de yacon. Foram testados o ácido ascórbico e o ácido cítrico como agentes antioxidantes, isolados e associados e em diferentes concentrações, e por meio de análises físico-químicas determinou-se qual foi o mais eficiente em retardar o escurecimento dos tubérculos durante o armazenamento refrigerado.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Matéria-Prima

Os tubérculos de yacon (*Polymnia sonchifolia*) *in natura*, foram obtidos com um produtor da região metropolitana de Curitiba. As amostras foram coletadas no mês de maio de 2004, transportadas para a Planta de Processamento de Alimentos, Usinas Piloto - Bloco B, e armazenadas sob temperatura de refrigeração ($\pm 10^{\circ}\text{C}$).

4.2.2 Infraestrutura

O trabalho de preparação, processamento, armazenamento e análise do produto foi desenvolvido nos laboratórios de Processamento de Alimentos, Análise Sensorial e Química Analítica Qualitativa e Quantitativa, localizados no Setor de Tecnologia, Usinas Piloto A e B, Centro Politécnico, UFPR.

4.2.3 Equipamentos

- Balança semi- analítica *Sartorius-Verke* GMBH, precisão 0,01 g;
- Refrigerador doméstico, marca BRASTEMP;
- Refratômetro de bancada PZO, modelo RL3;
- pHmetro Orion, modelo 710^A e

- Colorímetro MiniScan XE Plus, modelo A60-1010-352.

4.2.4 Processamento da Matéria-Prima

A matéria-prima foi processada conforme o esquema mostrado na Figura 4.1.

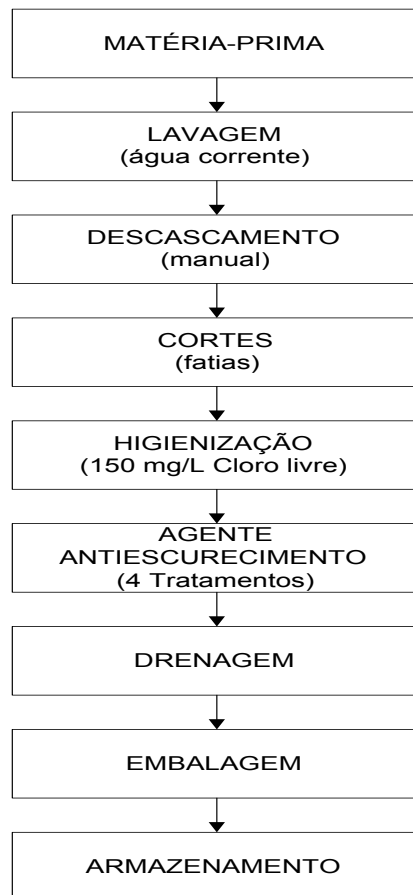


FIGURA 4.1 – ESQUEMA DO PROCESSAMENTO MÍNIMO DOS TUBÉRCULOS DE YACON

Os tubérculos foram lavados em água corrente, descascados com facas afiadas de aço inoxidável (Figura 4.2 a), fatiados e imersos em água refrigerada ($\pm 7^{\circ}\text{C}$) com 150 mg L^{-1} de Cloro livre por 15 minutos para higienização.

As fatias passaram por um tratamento antioxidante (Figura 4.2 b), por meio de imersão em solução com agentes químicos em diferentes concentrações distintas (as quais foram determinadas por meio de testes preliminares realizando-se a imersão das fatias de yacon em soluções com concentrações de ácido cítrico e ácido

ascórbico variando de 1 a 5%), por 5 minutos. Foram empregados quatro diferentes tratamentos:

- **Tratamento 1:** 3% de ácido ascórbico;
- **Tratamento 2:** 3% de ácido cítrico;
- **Tratamento 3:** 1% de ácido ascórbico e 2% de ácido cítrico;
- **Tratamento 4:** *in natura* (testemunha).

A Tabela 4.1 apresenta o pH das soluções de imersão, que variaram em função da adição dos ácidos.

TABELA 4.1 - VALORES DE pH DE DIFERENTES SOLUÇÕES DE ÁCIDO ASCÓRBICO E ÁCIDO CÍTRICO UTILIZADAS NO BANHO DE IMERSÃO DOS TUBÉRCULOS DE YACON MINIMAMENTE PROCESSADOS

Tratamentos (AA ¹ : AC ² , %)	pH da Solução
3 : 0	2,7
0 : 3	2,1
1: 2	2,0
0 : 0 (controle, H ₂ O)	6,5

NOTA: 1 Ácido Ascórbico; 2 Ácido Cítrico.

Posteriormente, as fatias foram drenadas (Figura 4.2 c) e acondicionadas manualmente em filmes plásticos perfurados (cerca de 50 furos por embalagem, com diâmetro de 5 mm cada). As embalagens, que continham cerca de 100 gramas do produto, foram armazenadas a $5 \pm 2^\circ \text{C}$ sendo então avaliados nos tempos 0, 3, 5, 7 e 9 dias.

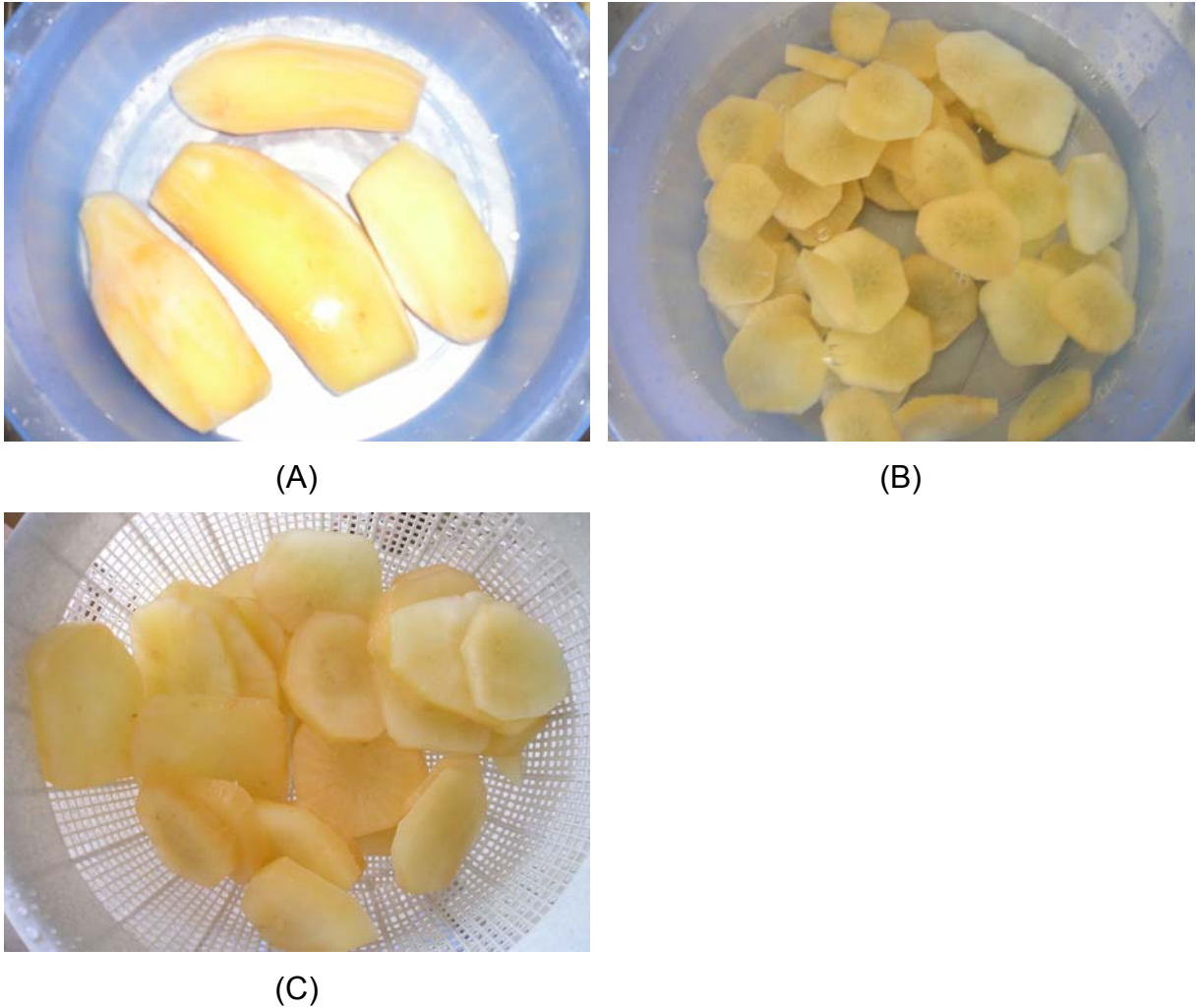


FIGURA 4.2 – ETAPAS DO PROCESSAMENTO MÍNIMO DOS TUBÉRCULOS DE YACON: (A) AGENTE SANITIZANTE; (B) AGENTE ANTIOXIDANTE E (C) DRENAGEM

4.2.5 Análises Físico-Químicas

4.2.5.1 Medida de cor

A cor foi medida empregando-se o colorímetro MiniScan, foram determinados os parâmetros “L*” (luminosidade), “a*” (intensidade de vermelho e verde) e “b*” (intensidade de amarelo e azul). Sendo que o L* varia de 0 (escuro/preto) a 100 (claro/branco) e as coordenadas de cor a* e b* (-a = verde, +a = vermelho, -b = azul e +b = amarelo) variam de -60 a +60.

O escurecimento foi determinado pela variação dos parâmetros L^* , a^* e b^* do sistema CIELab, durante o armazenamento dos tubérculos de yacon.

A Figura 4.3 apresenta o sistema de colorimetria CIELab, para a variação dos parâmetros de cor L , a e b .

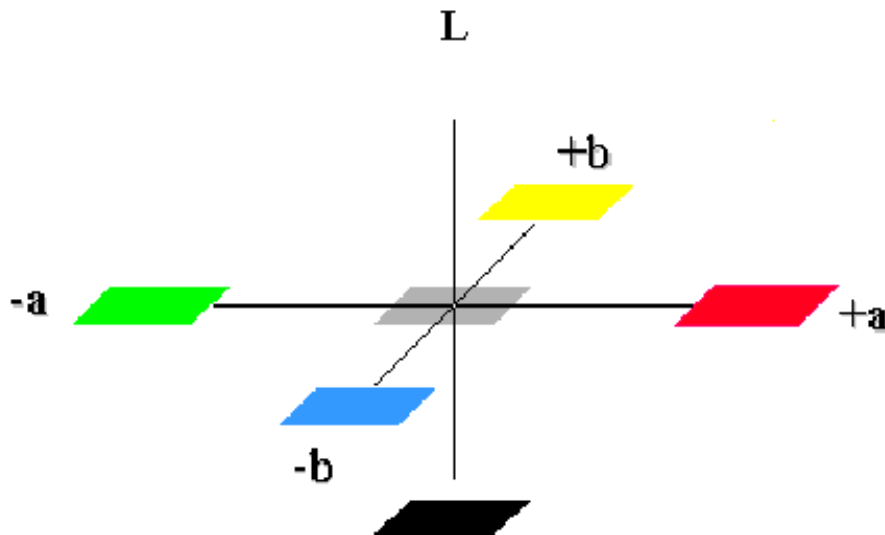


FIGURA 4.3 – SISTEMA DE CORES CIELAB

FONTE: CIE PUBLICATION, 1986.

4.2.5.2 pH

O valor do pH foi determinado diretamente na amostra triturada, utilizando-se potenciômetro de bancada (pHmetro Orion, modelo 710^A), método 981.12 da AOAC (2000).

4.2.5.3 Sólidos solúveis

Os sólidos solúveis foram determinados por refratometria. Este método determina os sólidos solúveis totais, análise 932.12, segundo AOAC (2000).

4.2.6 Análise Sensorial

4.2.6.1 Seleção dos julgadores

A seleção dos julgadores para a avaliação do atributo cor foi realizada por meio do teste “Farnsworth Munsell 100 Hue test”, o teste consiste no arranjo de 85 botões coloridos, divididos em quatro grupos abrangendo as cores do espectro visível (amarelo, verde, azul e vermelho), sendo que as cápsulas da extremidade são fixas. O examinador deve apresentá-las aleatoriamente, e o julgador deve ordenar em relação à intensidade de cor (QUEIROZ, 1984).

Para fins de cálculo, cada transposição de cápsulas conta-se como um erro, e é atribuído quatro pontos para cada transposição de duas cápsulas e oito para cada três transposições. Os julgadores que fizerem menos de 16 pontos são considerados discriminantes superiores, entre 17 e 100 são discriminantes médios e acima de 100 são inferiores.

O teste contou com uma equipe de 18 julgadores, dos quais foram selecionados os que apresentaram uma equipe homogênea, ou seja, apenas discriminantes médios ou superiores.

Durante a avaliação, foi apresentada uma tonalidade de cor por vez, com as pedras causalizadas sobre a mesa e foi solicitado ao julgador que organizasse as cores em um tempo determinado (2 minutos), de modo a criar uma série regular entre as pedras fixas. O procedimento foi repetido com as 3 outras tonalidades, sempre sob iluminação adequada.

4.2.6.2 Cor e Textura

As amostras de yacon foram analisadas pelos julgadores selecionados, por meio de uma escala estruturada com cinco pontos, segundo método NBR 14141 (ABNT, 1998).

A avaliação da qualidade sensorial foi realizada para os atributos cor e textura, pelos julgadores selecionados, os mesmos receberam instruções quanto à metodologia e quanto às observações que deveriam ser feitas.

A Figura 4.4 apresenta o modelo da ficha de avaliação sensorial.

ANÁLISE SENSORIAL																							
PRODUTO – YACON																							
DATA: ____/____/____																							
NOME: _____																							
ANALISE SENSORIALMENTE AS AMOSTRAS, SEGUNDO A SUA COR E TEXTURA, A TEXTURA PODE SER PERCEBIDA PELA “QUEBRA” NA MÃO.																							
CLASSIFIQUE-AS DE ACORDO COM A ESCALA ABAIXO:																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left; padding: 2px;">COR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="padding: 2px;">5 – EXCELENTE (CLARA)</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">4 – BOA</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">3- RAZOÁVEL</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">2 – RUIM (ESCURA, LIMITE)</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">1 – PÉSSIMO (TOTALMENTE ESCURA)</td></tr> </tbody> </table>	COR	5 – EXCELENTE (CLARA)	4 – BOA	3- RAZOÁVEL	2 – RUIM (ESCURA, LIMITE)	1 – PÉSSIMO (TOTALMENTE ESCURA)	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left; padding: 2px;">TEXTURA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="padding: 2px;">5 – EXCELENTE (CROCANTE)</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">4 – BOA</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">3- RAZOÁVEL</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">2 – RUIM (FLÁCIDA, LIMITE)</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">1 – PÉSSIMO (TOTALMENTE FLÁCIDA)</td></tr> </tbody> </table>	TEXTURA	5 – EXCELENTE (CROCANTE)	4 – BOA	3- RAZOÁVEL	2 – RUIM (FLÁCIDA, LIMITE)	1 – PÉSSIMO (TOTALMENTE FLÁCIDA)										
COR																							
5 – EXCELENTE (CLARA)																							
4 – BOA																							
3- RAZOÁVEL																							
2 – RUIM (ESCURA, LIMITE)																							
1 – PÉSSIMO (TOTALMENTE ESCURA)																							
TEXTURA																							
5 – EXCELENTE (CROCANTE)																							
4 – BOA																							
3- RAZOÁVEL																							
2 – RUIM (FLÁCIDA, LIMITE)																							
1 – PÉSSIMO (TOTALMENTE FLÁCIDA)																							
AVALIAÇÃO DAS AMOSTRAS																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center; padding: 2px;">AMOSTRAS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="height: 20px;"></td></tr> </tbody> </table>	AMOSTRAS							<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center; padding: 2px;">COR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="height: 20px;"></td></tr> </tbody> </table>	COR							<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center; padding: 2px;">TEXTURA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="height: 20px;"></td></tr> </tbody> </table>	TEXTURA						
AMOSTRAS																							
COR																							
TEXTURA																							
OBSERVAÇÕES: _____																							

FIGURA 4.4 – FICHA UTILIZADA PARA AVALIAÇÃO SENSORIAL DOS TUBÉRCULOS DE YACON MINIMAMENTE PROCESSADOS

4.2.3 Análise Estatística

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, usando esquema fatorial 4x5, 4 tratamentos (**Tratamento 1:** 3% de ácido ascórbico; **Tratamento 2:** 3% de ácido cítrico; **Tratamento 3:** 1% de ácido ascórbico e 2% de ácido cítrico e **Tratamento 4:** *in natura* / controle) e 5 períodos de avaliação (0, 3, 5, 7 e 9 dias), com duas repetições.

As variâncias das interações foram testadas quanto a sua homogeneidade pelo teste de Bartlett. A obtenção de variâncias homogêneas permitiu a realização da análise de variância (ANOVA), com nível de significância de 5% e aplicação do teste de Tukey para a comparação das médias.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1 Medida de Cor

O conhecimento da cor é imprescindível para quem quer tornar seus produtos competitivos no mercado e cumprir as normas de qualidade. A colorimetria é a tecnologia utilizada em diversos setores industriais para o desenvolvimento do controle de cores dos produtos (MACDONALD, 1987).

Os resultados da análise de variância da medida de cor estão apresentados na Tabela A.1 (Apêndice 1), indicando que os fatores tratamentos e tempo de armazenamento não são independentes, tendo em vista que a interação dos fatores foi significativa para as determinações, ou seja, o tempo de armazenamento e os diferentes tratamentos empregados influenciam no escurecimento do produto.

Pela análise de variância e aplicação do teste de Tukey (Tabela 4.2) foram detectadas diferenças significativas entre as médias das leituras de luminosidade “L*” para os quatro tratamentos aplicados em função dos nove dias do experimento.

TABELA 4.2 – VALORES MÉDIOS PARA AS MEDIDAS DE COR DO PARÂMETRO L*, PARA OS DIFERENTES TRATAMENTOS ANTIOXIDANTES EM FUNÇÃO DO TEMPO DE ARMAZENAMENTO

Tempo (dias)	Tratamentos*			
	1	2	3	4
Luminosidade L*				
0	67,00 a A	67,40 a A	67,15 a A	66,35 a A
3	61,35 b B	64,50 b A	61,40 b B	38,15 b C
5	56,75 c B	62,40 c A	56,65 c B	28,35 c C
7	53,15 d C	59,65 d A	55,45 d B	25,85 d D
9	52,20 e C	56,40 e A	54,45 e B	25,25 d D

NOTA: Médias seguidas pela mesma letra minúscula na mesma coluna e médias seguidas pela mesma letra maiúscula na mesma linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey no nível de 5% de probabilidade.

* 1: 3% de ácido ascórbico; 2: 3% de ácido cítrico; 3: 1% de ácido ascórbico e 2% de ácido cítrico e 4: in natura.

A luminosidade dos tubérculos de yacon foi mensurada pela variação de escala da coordena “L*”, sendo que mais próximo for o valor de 0, mais escuro é o

produto, enquanto que valores próximos de 100 representam um produto mais claro. A Tabela 4.2 mostrou que as maiores médias encontradas para a luminosidade (menor escurecimento) foram para o tratamento 2 (3% de ácido cítrico), seguido dos tratamentos 3 (1% de ácido ascórbico e 2% de ácido cítrico) e 1 (3% de ácido ascórbico), sendo que o tratamento controle apresentou as menores médias (maior escurecimento), evidenciando a efetividade do emprego do ácido cítrico e ascórbico no controle do escurecimento dos tubérculos de yacon.

Na tabela 4.2, os valores de “L*” para o tratamento 4 (controle) decresceram rapidamente em associação com o escurecimento, o que pode ser devido a descompartimentalização das enzimas e substratos durante o processamento dos tubérculos indicando a necessidade do emprego de agentes inibidores dessas enzimas.

Segundo MATHEIS (1987), no processamento de tubérculos, o escurecimento enzimático, causado pela ação catalítica da polifenoloxidase (PPO), é um sério problema, pois forma produtos de coloração indesejável, além de alterar a qualidade nutricional e modificar o sabor.

ARAÚJO et al. (2004) estudaram o comportamento de batatas minimamente processadas tratadas com diferentes concentrações de ácido cítrico e verificaram que o parâmetro “L*”, que mostra a luminosidade do produto, decresceu nas batatas do controle e tratadas com solução de 1%, sugerindo a ocorrência do escurecimento enzimático. O controle, no segundo dia estava impróprio para o consumo, enquanto que as tratadas com 1% tiveram inicial clareamento seguido do escurecimento, porém inferior ao controle.

Segundo a Tabela 4.2 foi observado que os tratamentos com agente antiescurecimento foram eficientes em retardar o escurecimento quando comparados com o tratamento controle. Isto pode ser justificado, pois tanto o ácido ascórbico quanto o ácido cítrico são substâncias com potencial ação contra as enzimas responsáveis pelas alterações indesejáveis. O ácido ascórbico é um dos inibidores do escurecimento enzimático mais amplamente utilizado, sua ação sobre o sistema PPO é complexa, atua como um inibidor competitivo, já o ácido cítrico, além de atuar sobre a enzima PPO, reduz o pH exercendo uma dupla ação sobre o escurecimento oxidativo.

Por meio da análise de variância e aplicação do teste de Tukey para a comparação das médias (Tabela 4.3) foram detectadas diferenças significativas entre as médias das leituras de coordenadas de cor “a*” e “b*” para os quatro tratamentos aplicados em função dos nove dias do experimento.

TABELA 4.3 – VALORES MÉDIOS PARA AS MEDIDAS DE COR DOS PARÂMETROS a* E b*, PARA OS DIFERENTES TRATAMENTOS ANTIOXIDANTES EM FUNÇÃO DO TEMPO DE ARMAZENAMENTO

Tempo (dias)	Tratamentos*			
	1	2	3	4
	Coordenada de cor a*			
0	0,53 d A	0,50 d A	0,48 d A	0,47 e A
3	0,91 c B	0,86 c C	0,91 c B	2,25 d A
5	2,35 b B	2,11 b C	2,36 b B	4,31 c A
7	2,46 a B	2,14 b C	2,45 a B	4,68 b A
9	2,50 a B	2,26 a C	2,51 a B	4,78 a A
	Coordenada de cor b*			
	1	2	3	4
	Coordenada de cor b*			
0	9,70 c A	9,40 d A	9,45 c A	9,95 e A
3	10,45 c C	10,25 c C	11,43 b B	13,20 d A
5	12,70 b B C	12,15 b C	13,45 a B	20,40 c A
7	13,35 a B	12,75 a b B	13,42 a B	22,35 b A
9	14,00 a B	13,30 a B	14,00 a B	23,45 a A

NOTA: Médias seguidas pela mesma letra minúscula na mesma coluna e médias seguidas pela mesma letra maiúscula na mesma linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey no nível de 5% de probabilidade.

* 1: 3% de ácido ascórbico; 2: 3% de ácido cítrico; 3: 1% de ácido ascórbico e 2% de ácido cítrico e 4: in natura.

A coordenada “a*” representa a variação do verde ao vermelho, valores positivos representam tonalidades de vermelho, quanto maior for este valor mais vermelho é o produto e a coordenada “b*” representa a variação do amarelo ao azul, os valores positivos nesta escala fazem referências às tonalidades de amarelo, sendo que quanto maior for esse valor mais amarelo é o produto. Na Tabela 4.3 as menores médias para as coordenadas de cor foram para o tratamento 2 e as

maiores médias para o tratamento 4 (controle), ou seja, maior intensidade das tonalidades de vermelho e amarelo.

A leitura de cor dos tubérculos de yacon minimamente processados durante o período de 9 dias de armazenamento variou significativamente, demonstrando que o tempo é significativo na alteração da cor. Para todos os tratamentos testados, o efeito do tempo apresentou valores significativos, revelando que a partir do tempo zero (Tabela 4.3) ocorreu um acréscimo no índice da cor vermelha e amarela, detectadas respectivamente pela variação das coordenadas “a*” e “b*”.

Na avaliação objetiva da cor segundo os parâmetros L^* , a^* e b^* dos tubérculos de yacon minimamente processados, o menor escurecimento observado durante os nove dias de armazenamento foi no Tratamento 2 (3% de ácido cítrico), seguidos dos Tratamentos 3 (1% de ácido ascórbico e 2% de ácido cítrico) e 1 (3% de ácido ascórbico), o Tratamento 4 (controle) apresentou um elevado escurecimento no terceiro dia de armazenamento, evidenciando a efetividade do emprego do ácido cítrico e ascórbico no controle do escurecimento dos tubérculos de yacon minimamente processados.

O emprego de ácido cítrico foi mais efetivo na manutenção da cor dos tubérculos, o mesmo quando combinado com o ácido ascórbico tornou-se menos eficiente, o que pode ser justificado pelo maior escurecimento dos tubérculos onde foi adicionado apenas o ácido ascórbico, indicando um menor poder antioxidante do ácido ascórbico sobre os tubérculos de yacon.

4.3.2 pH e Sólidos Solúveis

Os resultados da análise de variância para as determinações de pH e sólidos solúveis estão apresentados na Tabela A.2 (Apêndice 1) e indicam que os fatores tratamento e tempo não são independentes para o pH, onde houve diferença significativa, porém são independentes para a determinação de sólidos solúveis.

Na Tabela 4.4, é apresentada a comparação de médias por tratamento e tempo de armazenamento para a determinação de pH.

TABELA 4.4 – VALORES MÉDIOS PARA AS MEDIDAS DE pH, PARA OS DIFERENTES TRATAMENTOS ANTIOXIDANTES EM FUNÇÃO DO TEMPO DE ARMAZENAMENTO

Tempo (dias)	Tratamentos*			
	1	2	3	4
0	3,58 e B	3,24 b C	3,16 a D	5,39 a A
3	3,45 d B	3,12 a C	3,01 b D	5,18 b A
5	3,91 c B	3,00 b C	2,98 b C	4,78 c A
7	4,11 b B	2,90 c C	2,86 c D	4,37 d A
9	4,37 a A	2,84 d C	2,82 d C	4,03 e B

NOTA: Médias seguidas pela mesma letra minúscula na mesma coluna e médias seguidas pela mesma letra maiúscula na mesma linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey no nível de 5% de probabilidade.

* 1: 3% de ácido ascórbico; 2: 3% de ácido cítrico; 3: 1% de ácido ascórbico e 2% de ácido cítrico e 4: in natura.

Segundo a Tabela 4.4 as menores médias de pH encontradas, foram no Tratamento 3 (1% de ácido ascórbico e 2% de ácido cítrico) devido provavelmente ao efeito sinérgico na mistura dos ácidos, o Tratamento 1 (3% ácido ascórbico) obteve as médias mais elevada entre os tratamentos, segundo NICOLAS et al. (1994) e SAPERS (1993) o ácido ascórbico pode ser rapidamente consumido durante o armazenamento, devido a sua oxidação. MOREIRA et al. (2004), avaliaram qual a melhor concentração de ácido ascórbico (2, 3 e 5%), visando a manutenção da qualidade de maçã minimamente processada, onde relataram que houve um acréscimo progressivo no pH das frutas, sendo o tratamento com 3%, superior aos demais.

ARAÚJO et al. (2004), estudaram o comportamento de batatas minimamente processadas tratadas com diferentes concentrações de ácido cítrico, onde verificaram um decréscimo no pH durante o armazenamento, sendo que, devido a aplicação de ácido cítrico, as batatas submetidas aos tratamentos apresentaram valores menores para esta variável.

Na Tabela 4.5, são apresentadas a comparação de médias por tratamento e tempo de armazenamento para a determinação de sólidos solúveis.

TABELA 4.5 – VALORES MÉDIOS PARA AS MEDIDAS DE SÓLIDOS SOLÚVEIS, PARA OS DIFERENTES TRATAMENTOS ANTIOXIDANTES EM FUNÇÃO DO TEMPO DE ARMAZENAMENTO

Tempo (dias) ^{ns}	Tratamentos ^{ns *}			
	1	2	3	4
0	9,15	9,14	9,15	9,12
3	9,14	9,13	9,14	9,11
5	9,12	9,12	9,14	9,09
7	9,12	9,11	9,12	9,08
9	9,11	9,10	9,11	9,06

NOTA: ns: não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey no nível de 5% de probabilidade.

* 1: 3% de ácido ascórbico; 2: 3% de ácido cítrico; 3: 1% de ácido ascórbico e 2% de ácido cítrico e 4: in natura.

A determinação do teor de sólidos solúveis normalmente é feita com o objetivo de se ter uma estimativa da quantidade de açúcares presentes nos vegetais, embora, medidos através de refratômetro, incluam principalmente açúcares solúveis, sais e ácidos.

Com relação à determinação dos sólidos solúveis, segundo a Tabela 4.5, não houve variações estatisticamente significativas entre as médias dos tratamentos, apenas o tratamento controle (sem adição de ácido) obteve médias inferiores aos demais tratamentos, nos mesmos períodos de avaliação.

O fato dos sólidos solúveis manterem-se praticamente constantes durante o período de armazenamento, pode ser explicado pela adequada temperatura de armazenamento e a manutenção da umidade relativa elevada.

4.3.3 Análise Sensorial

4.3.3.1 Seleção dos julgadores

Para a formação de uma equipe de julgadores para o atributo sensorial cor, é necessário que os indivíduos sejam previamente examinados, para verificar se não apresentam nenhuma anomalia visual para cor.

Na Tabela 4.6 estão apresentadas as pontuações dos julgadores avaliados pelo teste Farnsworth-Munsell 100 Hue test, para a percepção das cores.

TABELA 4.6 – AVALIAÇÃO DOS JULGADORES PELO TESTE FARNSWORTH-MUNSELL 100 HUE, PARA FORMAÇÃO DA EQUIPE SENSORIAL

Julgadores	Amarelo	Verde	Azul	Vermelho	Σ pontos
J1	8	4	8	16	36
J2	8	20	4	20	52
J3	8	12	12	20	52
J4	4	12	24	20	60
J5	16	8	16	20	60
J6	8	8	24	20	60
J7	20	12	16	16	64
J8	12	8	20	24	64
J9	8	4	20	36	68
J10	28	20	12	16	72
J11	24	16	24	8	72
J12	16	16	20	24	76
J13	32	4	24	48	108
J14	16	24	24	44	108
J15	20	44	36	16	116
J16	20	44	16	36	116
J17	16	20	36	44	116
J18	20	24	44	36	124

Nem todas as pessoas vêem as cores da mesma maneira. Segundo FERREIRA (1981), aproximadamente 10% dos homens e menos de 1% das mulheres apresentam algum grau de deficiência na percepção das cores, por razões de ordem cromossômica. Outras condições que podem levar a distúrbios na percepção das cores são alterações degenerativas da retina na infância, doenças maculares relacionadas à idade e doenças do nervo óptico, entre outras. Cores muito contrastantes, como verde e vermelho, geralmente são percebidas. O que realmente confunde essas pessoas são as tonalidades de cores "próximas", como verde escuro e marrom, salmão e laranja.

Para tornar a equipe homogênea, foram selecionados os julgadores que no teste para Avaliação de Acuidade Visual, apresentaram-se como discriminantes médios (17 a 100 pontos), e assim foram selecionados 12 dos 18 julgadores avaliados (Tabela 4.6).

4.3.3.2 Cor e textura

Os resultados da avaliação sensorial dos tubérculos de yacon minimamente processados, tratados com diferentes tratamentos antiescurecimento, quanto aos atributos de cor e textura são apresentados na Tabela 4.7, foram avaliados nos tempos 3, 5, 7 e 9 dias de armazenamento. As médias apresentaram diferenças estatisticamente significativas pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Para os tubérculos avaliados, a nota máxima, no qual o atributo foi considerado excelente, era 5 e notas inferiores a 3 foram consideradas como limite de consumo do referido produto.

TABELA 4.7 – AVALIAÇÃO SENSORIAL DOS ATRIBUTOS COR E TEXTURA DOS TUBÉRCULOS DE YACON MINIMAMENTE PROCESSADOS, COM DIFERENTES TRATAMENTOS ANTIOXIDANTES DURANTE O SEU ARMAZENAMENTO

Atributos	Tratamentos*	Tempo (dias)			
		3	5	7	9
Cor	1	4,67 a	4,08 a	3,59 a	3,17 a
	2	4,75 a	4,25 a	4,01 a	3,75 a
	3	4,83 a	3,75 a	3,56 a	3,08 a
	4	2,92 b	2,07 b	1,25 b	1,08 b
Textura	1	4,50 a	3,34 a	2,42 a	1,51 a
	2	4,67 a	3,67 a	2,08 a	1,67 a
	3	4,42 a	3,58 a	2,42 a	1,92 a
	4	4,08 a	2,67 b	2,01 a	1,33 a

NOTA: Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey no nível de 5%

* 1: 3% de ácido ascórbico; 2: 3% de ácido cítrico; 3: 1% de ácido ascórbico e 2% de ácido cítrico e 4: in natura.

Não houve diferença estatisticamente significativa (Tabela 4.7) entre as médias para o atributo cor em todos os tempos de análise, para os tratamentos,

onde foi empregada solução antiescurecimento, no entanto o controle (tratamento 4) apresentou diferença significativa já no terceiro dia de armazenamento, sendo que no quinto dia o produto já foi considerado impróprio para consumo segundo os julgadores.

Para o atributo textura, foi encontrada diferença significativa apenas no quinto dia de armazenamento, sendo a amostra diferente o Tratamento 4. Porém todas as amostras já se apresentavam impróprias para o consumo no sétimo dia de armazenamento, devido a perda de umidade do produto, que influenciou na textura, apresentando assim aspecto desidratado, evidenciado a necessidade do emprego de novas tecnologias para o aumento da sua vida útil, como o uso de embalagens com atmosfera modificada.

4.4 CONCLUSÕES

Na determinação objetiva da cor, o melhor tratamento empregado para evitar o escurecimento dos tubérculos de yacon minimamente processados, foi o emprego da solução com 3% de ácido cítrico (Tratamento 2), que manteve a menor variação dos parâmetros “L*”, “a*” e “b*” durante os 9 dias de armazenamento.

Não houve diferenças entre os tratamentos quanto ao teor de sólidos solúveis durante os 9 dias de armazenamento. A determinação do pH obteve diferença significativa entre os tratamentos, apresentando-se menores nos tubérculos tratados com soluções antioxidantes.

Para o atributo sensorial cor; não foram observadas diferenças entre os tratamentos com ácidos, e estes se apresentaram próprios para consumo até os 9 dias de armazenamento, apenas o controle apresentou-se diferente, estando limitado para o consumo aos 3 dias de armazenamento.

O atributo textura limitou a vida útil do produto em 7 dias, demonstrando a necessidade da associação com outros métodos de conservação.

O emprego do tratamento com solução de 3% de ácido cítrico foi mais eficiente na manutenção da cor dos tubérculos de yacon minimamente processados e apresentou-se adequado na manutenção das características sensoriais do produto.

5 INFLUÊNCIA DA ATMOSFERA MODIFICADA NA CONSERVAÇÃO DOS TUBÉRCULOS DE YACON (*Polymnia sonchifolia*) MINIMAMENTE PROCESSADOS

5.1 INTRODUÇÃO

Vegetais minimamente processados (MP) são produtos que reúnem os atributos de conveniência e qualidade do produto fresco (TORRES et al., 2002). Segundo WILEY (1997), a ampliação da classe de produtos MP encontra-se restrita, devido à escassez de informações e pesquisas em relação ao comportamento fisiológico e a conservação pós-colheita, assim como, quanto à adequação de embalagens específicas a cada tipo de produto.

A estabilidade de alimentos acondicionados depende do nível tecnológico utilizado no seu processamento e do sistema de embalagens. O sistema de embalagem é composto pelos componentes: alimento – embalagem - ambiente. A composição química do alimento tem grande influência sobre a estabilidade durante a comercialização e, portanto, deverá ser considerado na especificação de uma embalagem. A embalagem tem como função básica proporcionar a proteção mínima necessária e reduzir a velocidade da perda de qualidade. O ambiente deve manter a qualidade do produto durante a armazenagem, estocagem, distribuição e venda (ZAGORY & KADER, 1988; COSTA & ANTUNES, 2002; VILAS-BOAS, 2002).

Segundo AHVENAINEN (1996), a conservação de vegetais minimamente processados em embalagens plásticas está associada à modificação da atmosfera interna que reduz a atividade respiratória do vegetal, sem lhe causar danos fisiológicos. A redução dos níveis de O₂ e o aumento dos níveis de CO₂ podem retardar o amadurecimento dos frutos, reduzir a taxa de respiração e de produção de etileno e desacelerar várias alterações metabólicas (KADER, 1986; FARBER, 1991; ZAGORY, 1999).

Vários trabalhos têm avaliado o efeito de embalagens e de diferentes atmosferas na qualidade de batatas minimamente processada (LUO, 1992; LANGDON, 1987).

LUO (1992) estudou o efeito de diferentes atmosferas (ar, vácuo e 20% CO₂ + 80% N₂) na qualidade de batatas minimamente processadas acondicionadas em embalagens de polietileno, e verificou que a atmosfera com 20% CO₂ e 80% N₂, foi a mais efetiva na manutenção da qualidade dos tubérculos.

O uso de embalagem PA-PEBD (poliamida - polietileno de baixa densidade) com 80 µm de espessura, com atmosfera de 20% CO₂ e 80% de N₂ e ácido cítrico como inibidor de escurecimento, proporcionou maior qualidade sensorial para batatas fatiadas, após sete dias de estocagem (LANGDON, 1987).

As técnicas de pós-colheita utilizadas para vegetais têm sido um fator limitante ao seu manejo, levando as perdas quantitativas e qualitativas, daí a necessidade de maiores estudos para sua conservação.

Este trabalho teve como objetivo, determinar as melhores condições de armazenamento dos tubérculos de yacon minimamente processados em atmosfera modificada, utilizando embalagem de polietileno com poliamida, segundo critérios de qualidades físico-químicas, sensoriais e microbiológicas.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1 Matéria-Prima

Os tubérculos de yacon (*Polymnia sonchifolia*) *in natura* foram obtidos com um produtor da região metropolitana de Curitiba.

O trabalho de preparação, processamento, armazenamento e análise do produto foi desenvolvido nos laboratórios de Processamento de Alimentos, Análise Sensorial e Química Analítica Qualitativa e Quantitativa, localizados no Setor de Tecnologia, Usinas Piloto A e B, Centro Politécnico, UFPR.

5.2.2 Equipamentos

- Seladora a vácuo Tripovac -modelo KV 999;
- Balança semi- analítica Sartorius-Verke GMBH, precisão 0,01 g;

- Refrigerador doméstico, marca BRASTEMP;
- Refratômetro de bancada PZO, modelo RL3;
- pHmetro Orion, modelo 710^A ;
- Colorímetro MiniScan XE Plus, modelo A60-1010-352;
- Medidor de gás PAC CHEK 650 e
- Cilindro de gás CONSERVARE 76, WHITE MARTINS.

5.2.3 Características da Embalagem

As embalagens utilizadas foram filmes plásticos flexíveis nos tamanhos de 20x28 cm fornecidas pela indústria GABRILINA. A escolha do filme foi segundo recomendações da WHITE MARTINS (2003), sendo a embalagem de Polietileno de Baixa Densidade com Poliamida (PEBD/PA) a mais indicada para acondicionar tubérculos minimamente processados em atmosfera modificada. As embalagens foram analisadas, pela empresa fornecedora, quanto as suas características físicas de permeabilidade aos gases O₂ e CO₂ e espessura.

5.2.3.1 Análise das embalagens

A determinação da espessura das embalagens foi realizado de acordo com o método descrito pela ASTM D374-94 e expressa em micrômetros (μm).

Na determinação da taxa de permeabilidade ao oxigênio (TPO₂) as embalagens foram analisadas segundo o método coulométrico descrito pela norma ASTM D3985.

A taxa de permeabilidade ao gás carbônico (TPCO₂) foi determinada pelo método de aumento de concentração (CETEA, 1996).

5.2.3.2 Resultados das análises

A caracterização física da embalagem que foi utilizada neste trabalho é apresentada na Tabela 5.1.

TABELA 5.1 – CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA EMBALAGEM UTILIZADA

Características	Média	I V ¹	C V ² (%)
Espessura (μm)	80,9 ³	75 - 87	4,16
TP ⁶ O ₂ (cm ³ /m ² /dia)	25 ⁴	23 - 27	11,3
TPCO ₂ (cm ³ /m ² /dia)	530 ⁵	528 -532	3,48

NOTA: 1 Intervalo de Variação

2 Coeficiente de Variação

3 Média de quinze determinações

4 Média de duas determinações

5 Média de três determinações

6 Taxa de permeabilidade.

5.2.4 Processamento da Matéria-Prima

A matéria-prima foi processada conforme o esquema mostrado na Figura 5.1.

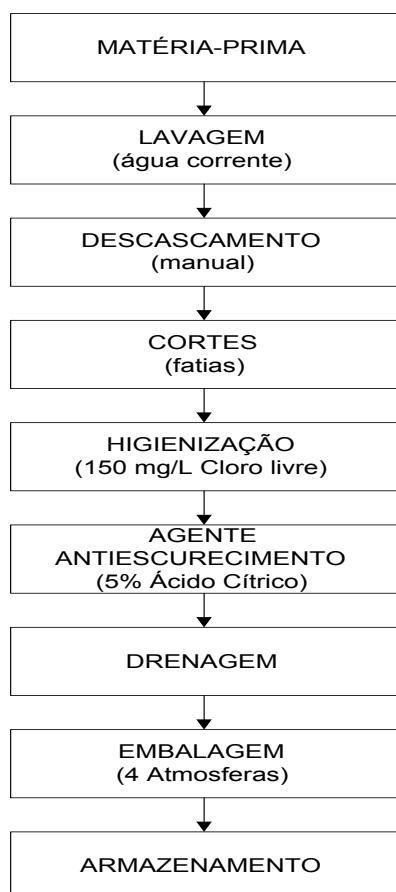


FIGURA 5.1 – ESQUEMA DO PROCESSAMENTO MÍNIMO DE YACON

Os tubérculos provenientes de um produtor da região metropolitana de Curitiba foram transportados para a Planta de Processamento de Alimentos da UFPR Usinas piloto, o mesmo foi recepcionado e armazenado sob temperatura de refrigeração.

Os tubérculos foram lavados em água corrente, descascados, com facas afiadas de aço inoxidável, fatiados e imersos em água refrigerada ($\pm 7^{\circ}\text{C}$) com 150 mg L^{-1} de Cloro livre por 15 minutos para higienização.

As fatias passaram por um tratamento químico para evitar o escurecimento, por meio de imersão em solução com 3% de ácido cítrico por 5 minutos.

Posteriormente as fatias foram drenadas e acondicionadas manualmente em filmes plásticos (PEBD-PA).

As embalagens com cerca de 100 gramas do produto foram seladas (Figura 5.2 a) utilizando as seguintes Atmosferas:

- **Atmosfera 1:** 20% CO_2 + 80% N_2 ;
- **Atmosfera 2:** 8% CO_2 + 6% O_2 ;
- **Atmosfera 3:** Vácuo;
- **Atmosfera 4:** Ar atmosférico (controle).

Para a manutenção do ar atmosférico, a embalagem da atmosfera 4 foi perfurada (diâmetro de 5 mm).

Os produtos foram armazenados a $5 \pm 2^{\circ}\text{C}$, por 15 dias (Figura 5.2 b). As análises do produto foram realizadas nos tempos 1, 3, 6, 9, 12 e 15 dias de armazenamento.



FIGURA 5.2 – ETAPAS DO PROCESSAMENTO MÍNIMO DOS TUBÉRCULOS DE YACON: (A) SELADORA E (B) ARMAZENAMENTO REFRIGERADO

5.2.5 Análises Físico-Químicas

5.2.5.1 Composição gasosa

A determinação da composição gasosa no interior das embalagens foi realizada com a utilização do analisador PAC CHEK, modelo 650 (Figura 5.3). Foram realizadas medidas diárias da evolução da concentração de O_2 e CO_2 no interior da embalagem nos seis primeiros dias de armazenamento e a cada três dias até o final do armazenamento. As medidas foram feitas diretamente no interior do pacote por meio de um septo de borracha que permite a inserção direta da agulha hermética conectada ao analisador. O equipamento detecta as porcentagens de O_2 e CO_2 presentes no “head space” da embalagem.



FIGURA 5.3 – ANALISADOR DE GASES

5.2.5.2 Cor

A cor foi medida empregando-se o colorímetro MiniScan (Figura 5.4), foram determinados os parâmetros “L*” (luminosidade), “a*” (intensidade de vermelho e verde) e “b*” (intensidade de amarelo e azul). Sendo que o L* varia de 0 (escuro/preto) a 100 (claro/branco) e as coordenadas de cor a* e b* (-a = verde, +a = vermelho, -b = azul e +b = amarelo), variando de -60 a +60.

O escurecimento foi determinado pela variação dos parâmetros L*, a* e b* do sistema CIELab, durante o armazenamento dos tubérculos de yacon.



FIGURA 5.4 – COLORÍMETRO

5.2.5.3 pH

Foi realizado o acompanhamento do pH dos tubérculos de yacon utilizando potenciômetro de bancada, análise 981.12, segundo AOAC (2000).

5.2.5.4 Sólidos solúveis

Medidos por refratometria, o qual determina os sólidos solúveis totais, análise número 932.12, segundo AOAC (2000).

5.2.5.5 Determinação da acidez total titulável (ATT)

Foi medida por meio de titulometria de neutralização com NaOH 0,1N, utilizando fenolftaleína como indicador. Os resultados são expressos em % de ácido cítrico (AOAC, 2000).

5.2.5.6 Perda de massa

A perda de massa foi determinada em balança semi-analítica com precisão de $\pm 0,01$ g. Os resultados foram expressos em perdas percentuais, utilizando-se a relação entre a diferença de peso em cada dia de avaliação e o peso inicial.

5.2.6 Análises Microbiológicas

5.2.6.1 Contagem total de mesófilos

A população de microrganismos aeróbios mesófilos foi quantificada pelo método de plaqueamento em profundidade em ágar para contagem padrão. As placas foram incubadas a 35°C, por 24-48 horas, e o resultado expresso em unidades formadoras de colônia por grama do produto (UFC/g) de acordo com Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods (APHA, 1992).

5.2.6.2 Contagem de bolores e leveduras

A população de bolores e leveduras foi determinada pelo método de plaqueamento em superfície em ágar batata dextrosado acidificado. As placas foram incubadas a 21-22°C por 3-5 dias. O resultado foi expresso em unidades formadoras de colônia por grama do produto (UFC/g) (APHA, 1992).

5.2.6.3 Contagem de coliformes fecais

A determinação do número mais provável de coliformes totais (NMP/g) foi realizada através de teste presuntivo em caldo lactosado incubado a 35°C por 24-48 horas. Em seguida, foi determinado o número mais provável de coliformes fecais em caldo *Escherichia coli* (EC) incubado a 45°C por 24 horas (APHA, 1992).

5.2.6.4 Determinação de *salmonella* sp.

A amostra foi incubada em caldo lactosado, sendo então transferido 1 mL do caldo para Caldo Tetrationato (TT) e Selenito Cistina (SC), incubou-se a 35°C por 24h; foi realizado então a transferência para o Agar Bismuto Sulfito, incubou-se e realizou-se a identificação (APHA, 1992).

5.2.7 Análise Sensorial

As amostras de yacon foram analisadas por uma equipe de 12 julgadores, utilizando uma escala estruturada com cinco pontos (ABNT, 1998).

A avaliação da qualidade sensorial foi realizada para os atributos cor, odor, textura e aparência, os membros da equipe receberam instruções quanto à metodologia e quanto às observações que deveriam ser feitas.

A Figura 5.5 apresenta o modelo da ficha de avaliação sensorial.

ANÁLISE SENSORIAL				
PRODUTO – YACON				
DATA: ____/____/____				
NOME: _____				
ANALISE SENSORIALMENTE AS AMOSTRAS, SEGUNDO A SUA COR, AROMA, TEXTURA E APARÊNCIA. A TEXTURA PODE SER PERCEBIDA PELA “QUEBRA” NA MÃO. CLASSIFIQUE-AS DE ACORDO COM A ESCALA ABAIXO:				
COR	AROMA	TEXTURA	APARÊNCIA	
5 – Excelente (Clara)	5 – Excelente (fresco)	5 – Excelente (Crocante)	5 – Excelente	
4 – Boa	4 – Bom	4 – Boa	4 – Boa	
3- Razoável	3- Razoável	3- Razoável	3- Razoável	
2 – Ruim (Escura, Limite)	2 – Ruim (alterado, Limite)	2 – Ruim (Flácida, Limite)	2 – Ruim	
1 – Péssima (Totalmente Escura)	1 – Péssimo (Totalmente alterado)	1 – Péssima (Totalmente Flácida)	1 – Péssima	
AVALIAÇÃO DAS AMOSTRAS				
AMOSTRAS	COR	AROMA	TEXTURA	APARÊNCIA
OBSERVAÇÕES: _____				

FIGURA 5.5 – FICHA DA AVALIAÇÃO SENSORIAL DOS TUBÉRCULOS DE YACON MINIMAMENTE PROCESSADOS

5.2.8 Análise Estatística

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, usando esquema fatorial 4x6, 4 diferentes atmosferas de armazenamento (**Atmosfera 1:** 20% CO₂ + 80% N₂; **Atmosfera 2:** 8% CO₂ + 6% O₂; **Atmosfera 3:** Vácuo e **Atmosfera 4:** Ar Atmosférico/controle) e 6 períodos de avaliação (1, 3, 6, 9, 12 e 15 dias), com duas repetições.

As variâncias das interações foram testadas quanto a sua homogeneidade pelo teste de Bartlett. A obtenção de variâncias homogêneas permitiu a realização da análise de variância (ANOVA), com nível de significância de 5% e aplicação do teste de Tukey para a comparação das médias.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.3.1 Composição Gasosa

Na Figura 5.6 observa-se a variação da concentração dos gases CO_2 e O_2 no interior da embalagem quando a composição da atmosfera inicial aplicada foi de 20% de CO_2 e 80% de N_2 (Atmosfera 1).

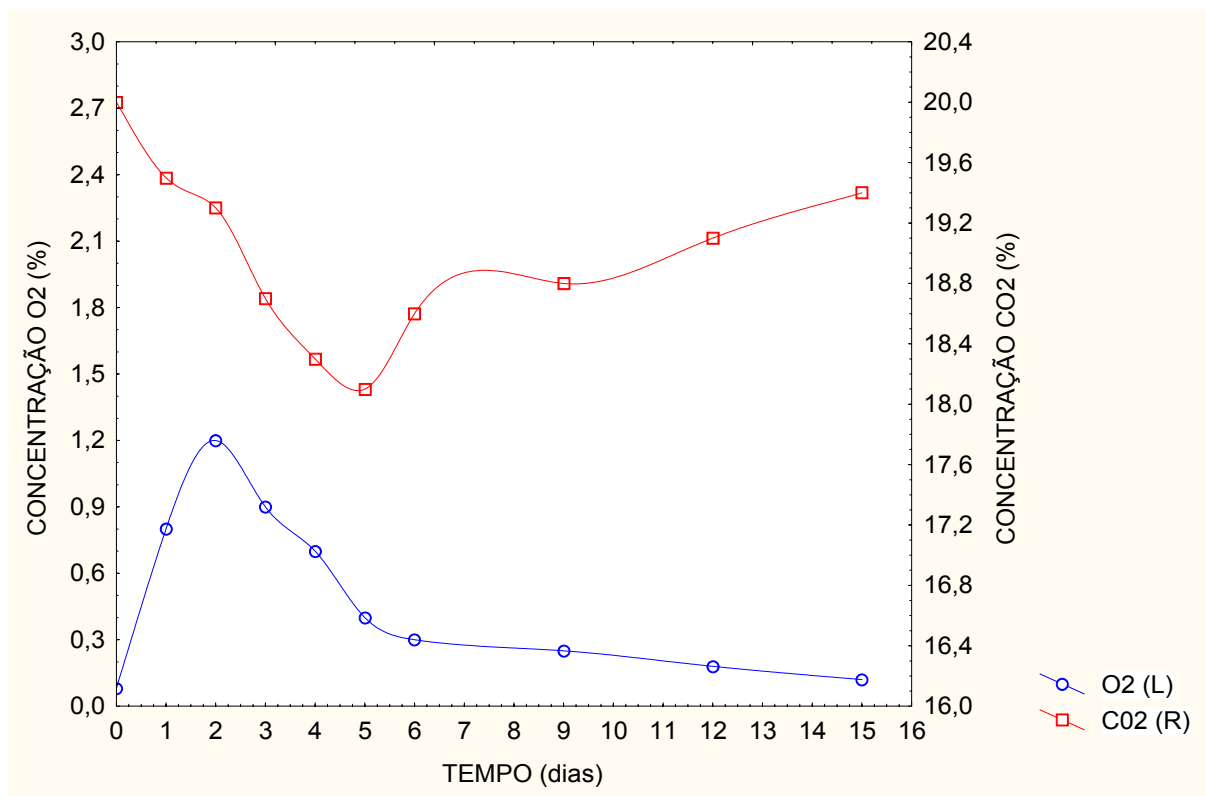


FIGURA 5.6 – CONCENTRAÇÃO DOS GASES NO INTERIOR DA EMBALAGEM (ATMOSFERA 1)

Ocorreu um decréscimo na concentração de CO_2 e aumento de O_2 no interior da embalagem nos primeiros dias de armazenamento, isto se deve às características de permeabilidade da embalagem a esses gases (item 3.5.1).

A concentração de oxigênio aumentou até o segundo dia de armazenamento, onde se iniciou um decréscimo devido provavelmente ao seu consumo no processo

de respiração dos tubérculos. A concentração de gás carbônico decresceu até o quinto dia de armazenamento, aumentando em seguida e permanecendo constante até os 15 dias. Esses resultados demonstraram que a embalagem utilizada foi eficiente na manutenção das concentrações iniciais dos gases empregadas neste processamento (20% CO₂ e 80% N₂), proporcionando a manutenção de uma baixa taxa de respiração dos tubérculos durante os 15 dias de armazenamento.

Resultados semelhantes foram encontrados por LANGDON (1987), LUO (1992) e AHVENAINEN et.al (1998) quando analisaram a qualidade de batatas descascadas e fatiadas, embaladas em atmosfera modificada (20% CO₂ e 80% N₂).

Na Figura 5.7 observa-se a variação da concentração dos gases de CO₂ e O₂ no interior da embalagem, quando a composição da atmosfera inicial aplicada foi de 8% de CO₂ e 6% de O₂ (Atmosfera 2).

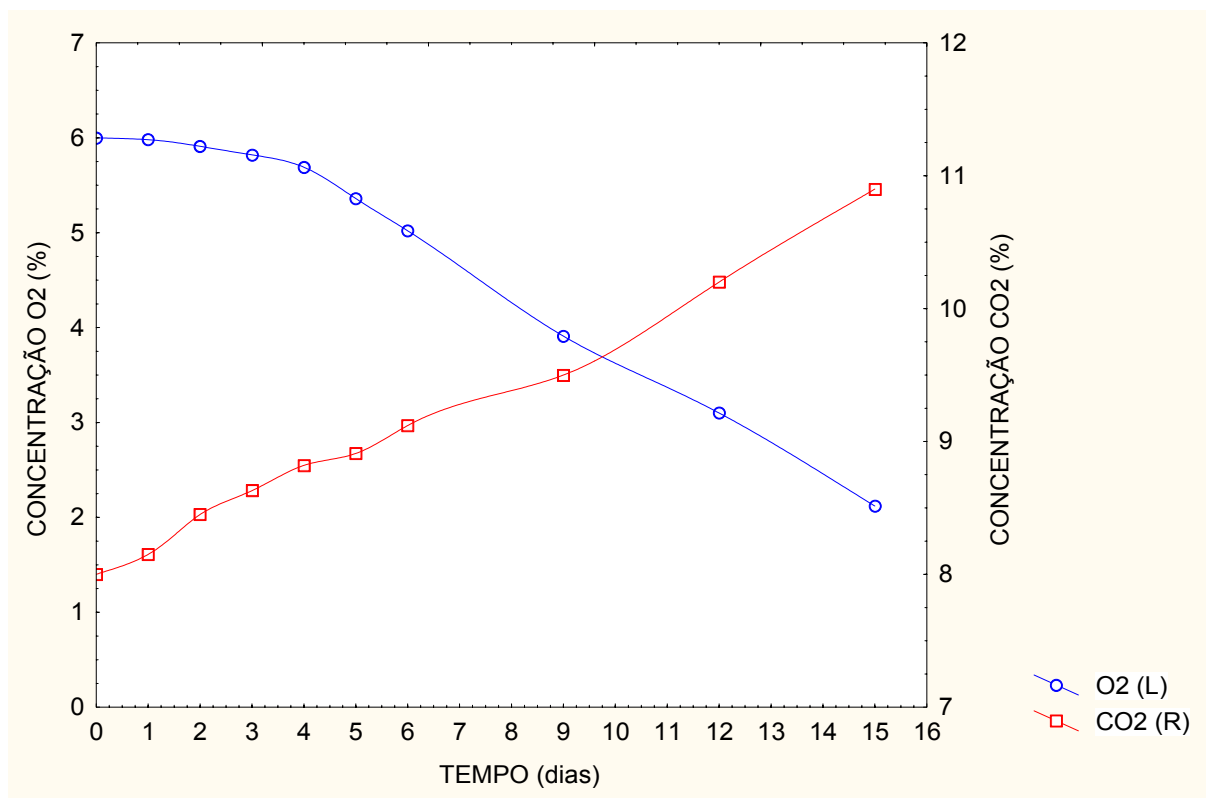


FIGURA 5.7 – CONCENTRAÇÃO DOS GASES NO INTERIOR DA EMBALAGEM (ATMOSFERA 2)

Na Figura 5.7 observa-se um decréscimo do oxigênio e aumento do gás carbônico na embalagem.

A variação na concentração dos gases foi maior a partir do quarto dia de armazenamento. A elevação na respiração desses produtos se deve às injúrias provocadas pelo processamento mínimo que causa descompartimentalização celular e favorece as reações enzimáticas da respiração. Experimentos realizados por KATO & SOUZA (1997) com raízes de mandioca (MP) armazenadas em embalagens de polietileno com 6% de CO₂ e O₂, relataram que a concentração de CO₂ permaneceu estável até o sexto dia de armazenamento, aumentando nos dias seguintes.

5.3.2 Medida de Cor

A cor é um aspecto que influi na apreciação e na qualidade dos alimentos, contribuindo para a sua maior aceitabilidade ou rejeição pelo consumidor, pois determinados alimentos devem possuir forma, tamanho e cor, característicos do produto. Em muitos casos a alteração da cor é acompanhada de trocas indesejáveis de sabor, odor e textura.

Os resultados da análise de variância das medidas de cor estão apresentados na Tabela A.3 (Apêndice 2), indicam que os fatores atmosfera e tempo não são independentes, tendo em vista que a interação dos fatores foi significativa para as determinações.

Na Tabela 5.2, são apresentadas as comparações das médias por atmosfera empregada e tempo de armazenagem para o parâmetro L*.

A luminosidade é mensurada pela variação de escala da coordenada “L*”, quanto mais próximo for o valor de 0, mais escuro é o produto, enquanto que valores próximos de 100 representam um produto mais claro.

TABELA 5.2 – VALORES MÉDIOS PARA A MEDIDA DE COR DO PARÂMETRO L*, PARA AS DIFERENTES ATMOSFERAS UTILIZADAS EM FUNÇÃO DO TEMPO DE ARMAZENAMENTO

Tempo (dias)	Atmosferas**			
	1	2	3	4
1	69,40 a A	67,20 a C	68,35 a B	65,20 a D
3	67,55 b A	63,35 b C	65,50 b B	61,45 b D
6	63,55 c A	59,80 c C	61,55 c B	56,70 c D
9	61,35 d A	55,60 d B	60,40 d A	53,15 d C
12	60,70 d A	50,30 e C	56,55 e B	48,50 e D
15	56,85 e A	48,60 f C	53,20 f B	40,45 f D

NOTA: Médias seguidas pela mesma letra minúscula na mesma coluna e médias seguidas pela mesma letra maiúscula na mesma linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey no nível de 5% de probabilidade.

** 1: 20% CO₂ + 80% N₂; 2: 8% CO₂ + 6% O₂; 3: Vácuo e 4: Ar Atmosférico.

Com a aplicação da análise de variância e do teste de Tukey para a comparação das médias (Tabela 5.2) diferenças significativas entre as médias das leituras de luminosidade “L*” foram detectadas. Para as atmosferas testadas a Atmosfera 1 (20% CO₂ + 80% N₂) apresentou menor escurecimento, (maiores médias para a luminosidade), seguida das Atmosferas 3 (vácuo) e 2 (8% CO₂ + 6% O₂). O controle (Atmosfera 4) apresentou a menor média para a luminosidade, evidenciando que além do emprego de agente antiescurecimento o uso de embalagens com atmosfera modificada, torna-se essencial na manutenção da cor dos tubérculos de yacon minimamente processados.

A Tabela 5.2 mostra as diferenças estatísticas de cada atmosfera em função do tempo, foi observado que entre as atmosferas utilizadas a mais eficiente na manutenção da cor dos tubérculos de yacon minimamente processados foi a Atmosfera 1, pois apresentou as maiores médias para a luminosidade, que indica menor escurecimento.

Estes dados estão de acordo com os apresentados por ROCCULI et al. (2004) para maçãs minimamente processadas tratadas com ácido cítrico e ácido ascórbico e embaladas com uma mistura gasosa de (80% de N₂ e 20% CO₂), onde observaram a redução da velocidade de escurecimento do produto.

Na Tabela 5.3, são apresentadas as comparações das médias por atmosfera empregada e tempo de armazenagem para os parâmetros a^* e b^* .

A coordenada “ a^* ” representa a escala de cor que sofre variação do verde ao vermelho, valores positivos representam tonalidades de vermelho. A coordenada “ b^* ” representa a escala de cor com variação do amarelo ao azul, os valores positivos nesta escala fazem referências às tonalidades de amarelo.

TABELA 5.3 – VALORES MÉDIOS PARA A MEDIDA DE COR DO PARÂMETRO a^* E b^* PARA AS DIFERENTES ATMOSFERAS UTILIZADAS EM FUNÇÃO DO TEMPO DE ARMAZENAMENTO

Tempo (dias)	Atmosferas**			
	1	2	3	4
	Coordenada de cor a^*			
1	0,03 f B	0,08 f AB	0,09 f AB	0,13 f A
3	0,58 e C	0,64 e BC	0,67 e B	0,94 e A
6	0,80 d D	0,96 d B	0,88 d C	1,14 d A
9	1,14 c D	1,87 c B	1,76 c C	2,36 c A
12	1,90 b D	2,76 b B	2,51 b C	3,36 b A
15	2,26 a D	3,71 a B	2,73 a C	4,23 a A
	Coordenada de cor b^*			
	1	2	3	4
	Coordenada de cor b^*			
1	7,30 c B	7,70 d AB	7,40 e B	8,35 e A
3	7,45 c B	8,30 d B	7,65 e B	9,30 e A
6	8,60 b B	9,00 d B	8,45 d B	10,70 d A
9	9,45 b C	10,85 c B	9,85 c C	14,30 c A
12	12,35 a C	14,40 b B	13,70 b B	17,35 b A
15	13,15 a C	15,55 a B	15,00 a B	18,55 a A

NOTA: Médias seguidas pela mesma letra minúscula na mesma coluna e médias seguidas pela mesma letra maiúscula na mesma linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey no nível de 5% de probabilidade.

** 1: 20% CO₂ + 80% N₂; 2: 8% CO₂ + 6% O₂; 3: Vácuo e 4: Ar Atmosférico.

Houve diferença significativa entre todas as atmosferas empregadas para as coordenadas de cor (Tabela 5.3), sendo que o controle (Atmosfera 4) apresentou as maiores médias, tanto para a coordenada “ a^* ” como para a “ b^* ”, indicando a

presença de tons avermelhados e amarelos mais intensos. A mesma foi seguida pela Atmosfera 2 (8% CO₂ + 6% O₂) que também obteve médias mais elevadas, demonstrando que o emprego de oxigênio (6%) possibilitou a maior atuação das enzimas polifenoloxidades, quando comparados com as Atmosferas 1 (20% CO₂ + 80% N₂) e 3 (vácuo).

MARRERO & KADER (2001) ao armazenar fatias de abacaxi em embalagens com 15% de CO₂ e 3% de O₂, concluíram que os baixos níveis de O₂ utilizados durante o acondicionamento a 5°C de abacaxi minimamente processado conduziram à retenção da coloração amarela (menor variação do parâmetro b*), ao passo que as elevadas concentrações de CO₂ reduziram o escurecimento da polpa (menor variação do parâmetro L*).

Na Tabela 5.3, foi observado que entre as atmosferas utilizadas a mais eficiente na manutenção da cor dos tubérculos de yacon minimamente processados foi a Atmosfera 1 (20% CO₂ + 80% N₂), pois apresentou os menores valores das coordenadas de cor durante o armazenamento, que indicam a menor variação das tonalidades vermelho e amarelo.

5.3.3 pH, Acidez Total Titulável e Sólidos Solúveis

Os resultados da análise de variância para as determinações de pH, acidez total titulável e sólidos solúveis, estão apresentados na Tabela A.4 (apêndice 2).

Segundo SIGRIST (1982) e SHEWLFELT (1987), índices como sólidos solúveis e acidez total titulável estão diretamente relacionados com a aceitabilidade e podem ser utilizados para avaliar a qualidade durante a vida útil do vegetal MP.

Na Tabela 5.4, são apresentadas as comparações das médias por atmosfera empregada e tempo de armazenagem, para a determinação do pH.

TABELA 5.4 – VALORES MÉDIOS PARA AS MEDIDAS DE pH PARA AS DIFERENTES ATMOSFERAS TESTADAS EM FUNÇÃO DO TEMPO DE ARMAZENAMENTO

Tempo (dias)	Atmosferas*			
	1	2	3	4
1	3,10 f B	4,77 f A	3,13 f B	2,98 e C
3	3,18 e B	4,98 e A	3,21 e B	3,03 d C
6	3,32 d B	5,18 d A	3,37 d B	3,21 c C
9	3,48 c C	5,44 c A	3,56 c B	3,32 b D
12	3,56 b C	5,52 b A	3,73 b B	3,34 b D
15	3,68 a C	5,67 a A	4,04 a B	3,41 a D

NOTA: Médias seguidas pela mesma letra minúscula na mesma coluna e médias seguidas pela mesma letra maiúscula na mesma linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey no nível de 5% de probabilidade.

* 1: 20% CO₂ + 80% N₂; 2: 8% CO₂ + 6% O₂; 3: Vácuo e 4: Ar Atmosférico.

Em relação ao pH (Tabela 5.4), as maiores médias ao longo do tempo foram encontradas para a Atmosfera 2 (6% O₂ + 8% CO₂) e as menores para foram as do controle (Atmosfera 4). De acordo com WATABA (1996) este fato pode estar relacionado com uma maior sobrevivência de microrganismos, os quais ativos metabolicamente possuem a tendência de reduzir o pH do meio.

Segundo a Tabela 5.4 as médias do pH para as Atmosferas 1 (80% N₂ + 20% CO₂) e 3 (vácuo) foram inferiores a Atmosfera 2. Segundo LIMA et al. (1996), a elevada redução dos teores de O₂ ou o aumento do CO₂, provocados pela atmosfera modificada e pelo uso de vácuo reduzem as perdas na acidez durante o armazenamento, causado pela redução da atividade enzimática relacionada ao metabolismo respiratório, mantendo baixo pH dos vegetais.

O pH obteve um aumento gradativo em função do tempo de armazenamento (Tabela 5.4), devido às reações de deterioração que ocorrem com o aumento do metabolismo respiratório do produto, conseqüentemente também houve um decréscimo na acidez dos tubérculos minimamente processados.

Na Tabela 5.5, são apresentadas as comparações das médias por atmosfera empregada e tempo de armazenagem, para o parâmetro de qualidade acidez total titulável.

TABELA 5.5 – VALORES MÉDIOS PARA AS MEDIDAS DE ACIDEZ TOTAL TITULÁVEL PARA AS DIFERENTES ATMOSFERAS TESTADAS EM FUNÇÃO DO TEMPO DE ARMAZENAMENTO

Tempo (dias)	Atmosferas*			
	1	2	3	4
1	0,54 a C	0,61 a B	0,77 a A	0,81 a A
3	0,51 ab AB	0,53 b A	0,46 b B	0,54 b A
6	0,48 b A	0,46 c A	0,36 c B	0,46 c A
9	0,43 c A	0,44 c A	0,32 d B	0,42 c A
12	0,37 d A	0,31 d B	0,26 e C	0,35 d AB
15	0,30 e A	0,28 d A	0,22 e B	0,23 e B

NOTA: Médias seguidas pela mesma letra minúscula na mesma coluna e médias seguidas pela mesma letra maiúscula na mesma linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey no nível de 5% de probabilidade.

* 1: 20% CO₂ + 80% N₂; 2: 8% CO₂ + 6% O₂; 3: Vácuo e 4: Ar Atmosférico.

Segundo a Tabela 5.5, a acidez total titulável decresceu em todas as atmosferas, porém apresentou menor redução na Atmosfera 1, o mesmo foi encontrado por GONÇALVES et al. (2000) que identificaram redução contínua da acidez em pêras armazenadas sob atmosfera modificada.

Na Tabela 5.6, são apresentadas as comparações das médias por atmosfera empregada e tempo de armazenagem, para o parâmetro de qualidade de sólidos solúveis.

Os sólidos solúveis (Tabela 5.6) apresentaram diferenças estatisticamente significativas, sendo que em todas as atmosferas o mesmo sofreu um aumento com posterior queda, o que pode ser explicado por uma inicial desidratação do produto e a partir do 6º dia de armazenagem o mesmo começa a diminuir, provavelmente devido à respiração. Dentre os substratos oxidados no processo respiratório destacam-se os açúcares e os ácidos orgânicos, logo, quanto maior a taxa respiratória maior será o consumo de reservas.

TABELA 5.6 – VALORES MÉDIOS PARA AS MEDIDAS DE SÓLIDOS SOLÚVEIS PARA AS DIFERENTES ATMOSFERAS TESTADAS EM FUNÇÃO DO TEMPO DE ARMAZENAMENTO

Tempo (dias)	Atmosferas*			
	1	2	3	4
1	9,13 c A	8,98 d A	9,25 c A	8,97 ab A
3	9,75 b A	9,35 b BC	9,65 b AB	9,05 ab C
6	10,40 a A	9,75 a B	10,15 a A	9,20 a C
9	10,20 a A	9,00 c C	9,75 b B	8,75 bc C
12	9,85 b A	8,65 d C	9,25 c B	8,63 c C
15	9,65 b A	8,55 d BC	8,85 d B	8,45 c C

NOTA: Médias seguidas pela mesma letra minúscula na mesma coluna e médias seguidas pela mesma letra maiúscula na mesma linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey no nível de 5% de probabilidade.

* 1: 20% CO₂ + 80% N₂; 2: 8% CO₂ + 6% O₂; 3: Vácuo e 4: Ar Atmosférico.

Resultados semelhantes foram encontrados por (LUO, 1992) onde estudou o efeito de diferentes atmosferas (ar, vácuo e 20% CO₂ + 80% N₂), na qualidade de batatas minimamente processadas, em embalagens de polietileno, e verificou que a atmosfera com 20% CO₂ e 80% N₂, foi a mais efetiva na manutenção da qualidade dos tubérculos.

Os parâmetros de qualidade observados durante o armazenamento dos tubérculos de yacon, confirmam os benefícios da utilização da embalagem em atmosfera modificada sobre a conservação dos vegetais e o controle das mudanças naturais que produzem a respiração (CHITARRA e CHITARRA, 1990).

5.3.4 Perda de Massa

A Figura 5.8 apresenta a perda de massa dos tubérculos de yacon minimamente processados e embalados em diferentes atmosferas, armazenados sob refrigeração por 15 dias. Esta perda é devido ao aumento da exposição dos tecidos ao ambiente e ao rompimento das estruturas, facilitando a perda de água pelos tecidos.

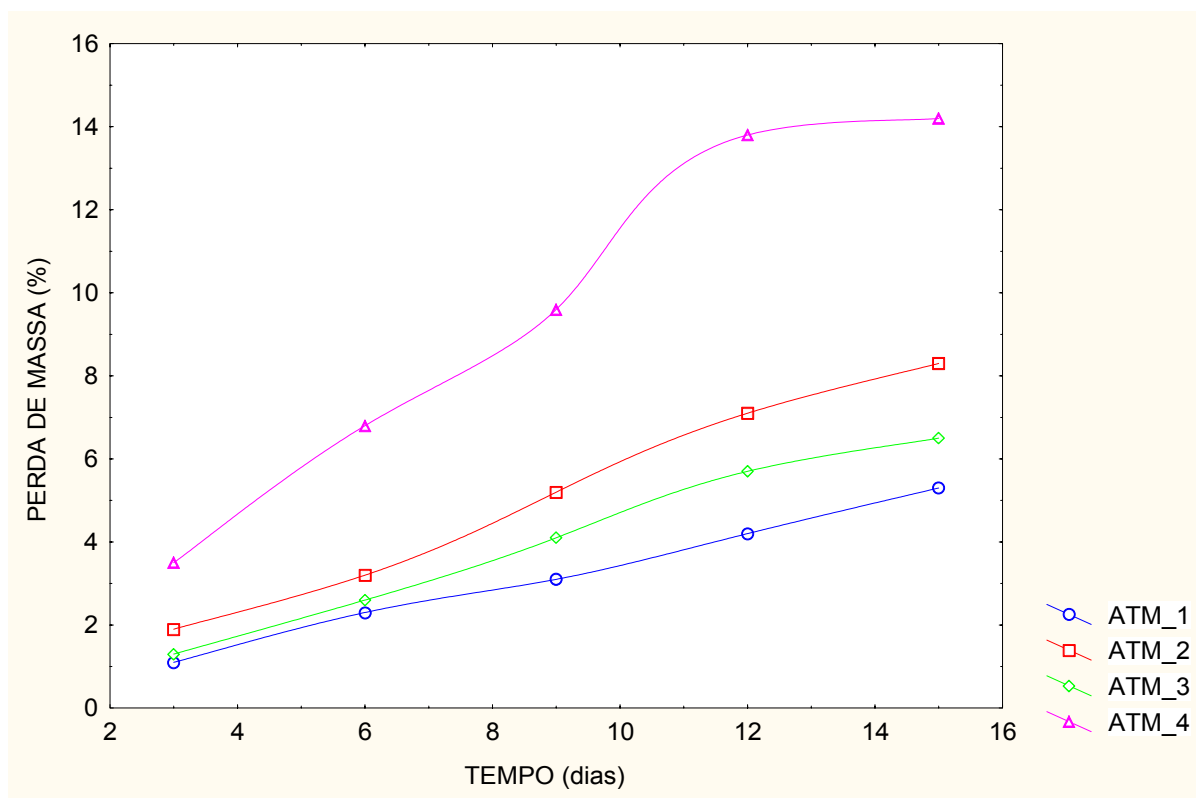


FIGURA 5.8 – PERDA DE MASSA DOS TUBÉRCULOS DE YACON MINIMAMENTE PROCESSADOS E ARMAZENADOS EM DIFERENTES ATMOSFERAS

A perda de massa depende principalmente das condições de armazenamento, tais como temperatura, umidade relativa e velocidade do ar (YAMASHITA, BENASSI & KIECKBUSCH, 1997). O mesmo autor explica que quando um produto é embalado, o controle da transpiração é responsável pela menor perda de massa e apenas 3% da mesma é influenciada pela respiração.

KADER, ZAGORY & KERBEL (1989) consideram que perdas iguais ou superiores a 5%, são capazes de produzir enrugamento com conseqüente diminuição da aceitabilidade pelo consumidor, sendo assim, perdas superiores a 5% tornam o produto inadequado para o consumo.

A utilização da embalagem com 20% de CO_2 e 80% de N_2 (Atmosfera 1) manteve as perdas inferiores a 5% nos 15 dias de armazenamento (Figura 5.8). A embalagem a vácuo (Atmosfera 3) foi adequada até os 12 dias, e a embalagem com 6% de O_2 e 8% de CO_2 (Atmosfera 2) até os 9 dias.

A embalagem perfurada (Atmosfera 4) apresentou elevada perda de massa, devido à facilidade de evaporação da água do produto para o ambiente, ou seja, apresentou uma rápida desidratação superficial, com conseqüente enrugamento.

5.3.5 Atributos Sensoriais

As médias das notas para a avaliação sensorial dos atributos aparência, odor, cor, e textura dos tubérculos de yacon minimamente processados, embalados com diferente atmosferas estão apresentadas na Tabela 5.7, onde se vê a influência estatisticamente significativa ($p > 0,05$) da modificação da atmosfera nos atributos avaliados.

Os julgadores receberam primeiramente as embalagens fechadas para avaliar a aparência, sendo então as mesmas abertas para verificar o odor e então a cor e a textura, a qual foi observada pelo tato. Os mesmos foram avaliados utilizando a escala de 5 pontos, onde notas inferiores a 3 foram indicadas como inadequadas para o consumo.

Os produtos não foram avaliados no tempo 15 dias de armazenamento, pois já se apresentavam no limite de consumo.

Quanto ao atributo “aparência” (Tabela 5.7), notou-se melhor aspecto no produto embalado com a Atmosfera 1 (20% CO₂ + 80% N₂), os quais apresentaram notas adequadas até os 12 dias de armazenamento, seguido pelas Atmosfera 3 (vácuo) e 2 (8% CO₂ + 6% O₂) os quais apresentaram notas adequadas até os 9 dias de armazenamento, aos 12 já se apresentavam no limite de consumo. O produto embalado com a Atmosfera 4 (controle) recebeu notas inferiores ao limite no sexto dia de armazenamento.

TABELA 5.7 – AVALIAÇÃO SENSORIAL DOS ATRIBUTOS APARÊNCIA, ODOR, COR E TEXTURA DOS TUBÉRCULOS DE YACON MINIMAMENTE PROCESSADOS, EM DIFERENTES ATMOSFERAS DURANTE O SEU ARMAZENAMENTO

Atributos	Atmosferas*	Tempo (dias)			
		3	6	9	12
Aparência	1	4,75 a	4,50 a	3,75 a	3,67 a
	2	4,08 ab	3,75 b	3,34 b	2,00 b
	3	4,42 a	4,25 ab	3,50 ab	2,41 b
	4	3,67 b	2,67 c	1,67 c	1,16 c
Odor	1	4,42 a	3,83 a	3,75 a	3,35 a
	2	4,25 a	3,67 ab	3,50 a	2,75 b
	3	4,33 a	4,08 a	3,41 a	2,66 b
	4	3,50 b	3,50 b	2,58 b	2,00 c
Cor	1	4,67 a	4,17 a	4,08 a	3,58 a
	2	4,34 a	3,67 ab	3,33 b	2,83 b
	3	4,42 a	3,83 a	3,79 b	2,75 b
	4	3,58 b	2,92 b	1,58 c	1,22 c
Textura	1	4,17 a	4,00 a	3,83 a	3,42 a
	2	3,92 ab	3,42 b	3,51 a	2,43 b
	3	4,33 a	3,58 ab	3,33 a	2,58 b
	4	3,58 b	3,33 b	2,67 b	1,75 c

NOTA: Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey no nível de 5%

* 1: 20% CO₂ + 80% N₂; 2: 8% CO₂ + 6% O₂; 3: Vácuo e 4: Ar Atmosférico.

Com relação ao “odor” (Tabela 5.7), não foi observado diferenças estatísticas até o nono dia de armazenamento entre as Atmosferas 1, 2 e 3. A Atmosfera 1 obteve sempre as melhores notas. O controle (Atmosfera 4) apresentou-se diferente dos outros tratamentos durante toda a avaliação, estando inadequado para consumo aos 9 dias de armazenamento. As excelentes médias obtidas para o odor, encontradas nos tratamentos com modificação da atmosfera, sugerem que não houve respiração anaeróbica com metabolismo fermentativo, que pode ser atribuído às características do filme (PEBD-PA) empregado, na manutenção adequada quanto as trocas gasosas do O₂ e CO₂.

Segundo a Tabela 5.7 para o atributo “cor”, as melhores médias foram obtidas na Atmosfera 1, sendo que o controle (Atmosfera 4), já se apresentava no limite de consumo após o sexto dia de armazenamento. O escurecimento de tubérculos ocorre devido a atividade enzimática (MATHEIS, 1987) causado pela ação catalítica da polifenoloxidase (PPO). Este escurecimento é um sério problema, pois forma produtos de coloração indesejável, além de alterar a qualidade nutricional e modificar o sabor. Os resultados da análise sensorial, corroboram com os obtidos na avaliação objetiva da cor, pois para ambas as avaliações o melhor tratamento (mais adequado) foi obtido com o emprego da Atmosfera 1, confirmando que o uso de atmosfera modifica foi eficiente na manutenção da cor dos tubérculos de yacon.

Na avaliação da “textura” (Tabela 5.7), a modificação da atmosfera foi eficiente em manter a textura do produto adequada por mais tempo., As melhores médias foram encontradas para a Atmosfera 1 (80% N₂ + 20% CO₂) pois a mesma manteve-se adequada até os 12 dias de armazenamento, indicando que o ambiente ao redor do produto manteve uma umidade relativa elevada impedindo que o produto sofresse desidratação. Já as Atmosferas 2 e 3 (6% O₂ + 8% CO₂ e vácuo, respectivamente) estiveram adequadas até os 9 dias. O controle (Atmosfera 4) devido a excessiva perda de água observada, confirmada pela determinação da perda de massa, apresentou-se adequada até o sexto dia de armazenamento.

Estes resultados são confirmados por (LANGDON, 1987) que estudaram o emprego de embalagem de PA-PEBD (poliamida - polietileno de baixa densidade), com atmosfera de 20% CO₂ e 80% N₂ e ácido cítrico como inibidor do escurecimento, o qual proporcionou maior qualidade sensorial para batatas fatiadas, após sete dias de estocagem.

5.3.6 Microbiologia dos Tubérculos de Yacon Minimamente Processados

O processamento mínimo pode favorecer a contaminação dos alimentos por microrganismos deterioradores e patogênicos, em razão do intenso manuseio e do aumento de injúrias no tecido vegetal, que diminuem a qualidade e a vida útil do produto. Segundo ORTIZ (1982), o alimento fornece ao microrganismo os nutrientes necessários para o seu desenvolvimento, como fatores inerentes ao alimento,

podem ser citados atividade de água, pH e composição química. Os fatores externos ao alimento são os que dependem das condições do ambiente como umidade relativa, temperatura, oxigênio e outros gases.

A contagem de coliformes a 45° C foi < 3 (negativo) e para a pesquisa de *Salmonella* foi ausência em 25 g de yacon MP, para as quatro atmosferas testadas, durante o período de 12 dias de armazenamento.

Segundo a resolução RDC n° 12 (BRASIL, 2001), que estabelece as contagens microbiológicas de interesse sanitário e seus respectivos limites:

- Coliformes a 45°C (NMP/g) - tolerância 10^2 e
- *Salmonella sp* – Ausência em 25 g).

Os tubérculos de yacon MP, apresentaram resultados de contagens microbiológicas abaixo dos limites máximos permitidos. A Organização Mundial de Saúde (OMS) estabelece também, além dos microrganismos de interesse sanitário, os microrganismos relacionados às boas práticas de fabricação, como as bactérias mesófilas e os bolores e leveduras (WHO, 1998).

A contagem microbiológica de bactérias mesófilas e bolores e leveduras para as diferentes atmosferas utilizadas no armazenamento dos tubérculos de yacon minimamente processados, está apresentada nas Tabelas 5.8 e 5.9, respectivamente.

TABELA 5.8 – RESULTADOS PARA A CONTAGEM DE BACTÉRIA MESÓFILAS TOTAIS (UFC/g), PARA OS DIFERENTES TRATAMENTOS EM FUNÇÃO DO TEMPO DE ARMAZENAMENTO

Atmosferas*	Tempo (dias)		
	0	6	12
1	2,3 x 10	4,5 x 10	<10
2	2,3 x 10	3,5 x 10 ⁴	4,5 x 10 ³
3	2,3 x 10	1,5 x 10	<10
4	2,3 x 10	5,9 x 10 ⁶	6,5 x 10 ⁵

NOTA: * 1: 20% CO₂ + 80% N₂; 2: 8% CO₂ + 6% O₂; 3: Vácuo e 4: Ar Atmosférico.

A Atmosfera 3 e a 1 apresentaram as menores contagens de mesófilos, assim estas atmosferas foram mais eficientes no controle desses microrganismos, enquanto o controle (Atmosfera 4) obteve a maior contagem de mesófilos,

evidenciando a necessidade da utilização de uma embalagem com atmosfera modificada para o aumento da vida útil deste produto.

TABELA 5.9 – RESULTADOS PARA A CONTAGEM DE BOLORES E LEVEDURAS (UFC/g), PARA OS DIFERENTES TRATAMENTOS EM FUNÇÃO DO TEMPO DE ARMAZENAMENTO

Atmosferas*	Tempo (dias)		
	0	6	12
1	$5,9 \times 10^2$	$6,2 \times 10^2$	$3,2 \times 10$
2	$5,9 \times 10^2$	$4,8 \times 10^4$	$9,1 \times 10^3$
3	$5,9 \times 10^2$	$7,9 \times 10^3$	$6,5 \times 10^2$
4	$5,9 \times 10^2$	$6,5 \times 10^7$	$7,3 \times 10^6$

NOTA: * 1: 20% CO₂ + 80% N₂; 2: 8% CO₂ + 6% O₂; 3: Vácuo e 4: Ar Atmosférico.

Para a contagem de bolores e leveduras, a Atmosfera 1 foi a mais eficiente na manutenção das baixas contagens e isso se deve ao efeito fungicida do CO₂. Segundo KADER (1986) e ZAGORY (1999), níveis de O₂ inferiores a 1% e de CO₂ superiores a 10% suprimem significativamente o crescimento fúngico.

De acordo com FRANCO & LANDGRAF (1996) a deterioração de alimentos pode ser causada pelo crescimento de microrganismos que levaria a alterações sensoriais. A maioria dos alimentos apresenta, quando estas alterações são detectáveis, números superiores a 10⁶ UFC/g do alimento. Para as Atmosferas testadas apenas a Atmosfera 4 (controle) apresentou estes valores corroborando os resultados da análise sensorial deste produto.

Resultados parecidos foram encontrados por QI, WU & WATADA (1999) que observaram menores populações de microrganismos aeróbios mesófilos e de bolores e leveduras em melão MP quando foram acondicionados sob atmosfera modificada (2% O₂ e 10% CO₂) e mantidos sob temperatura de 5°C.

Em todas as atmosferas testadas houve um crescimento com posterior queda na contagem de microrganismos mesófilos e bolores e leveduras, devido à influência da fase de aceleração de morte na 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 de morte ou

decréscimo de número de células viáveis devido, entre outras condições, à falta de substrato ou de oxigênio (microrganismos aeróbios).

O crescimento dos microrganismos patogênicos e deteriorantes, pode ser inibido ou retardado, por meio da combinação adequada de embalagem e atmosfera modificada.

5.4 CONCLUSÕES

Na determinação objetiva da cor, a melhor atmosfera empregada para a manutenção da cor dos tubérculos de yacon minimamente processados foi a Atmosfera 1 (20% CO₂ + 80% N₂), que manteve a menor variação dos parâmetros “L*”, “a*” e “b*” durante os 15 dias de armazenamento.

Para os parâmetros de qualidade pH, acidez total titulável e sólidos solúveis. O emprego da atmosfera com 20% de CO₂ (Atmosfera 1) foi mais eficiente na manutenção adequada dos mesmos nos 15 dias de armazenamento.

A utilização de embalagem com atmosfera modificada foi efetiva na redução das perdas de massa do produto durante o armazenamento, as menores perdas foram na Atmosfera 1, com as perdas inferiores a 5% nos 15 dias de armazenamento.

Na avaliação dos aspectos sensoriais, a vida útil do produto foi limitada em 12 dias de armazenamento. Os atributos aparência, odor, cor e textura observados se apresentaram melhores nos tubérculos armazenados com a Atmosfera 1.

Os tubérculos de yacon minimamente processados apresentaram condições sanitárias satisfatórias para as contagens de coliformes e *Salmonella*, segundo a legislação brasileira.

As contagens microbiológicas de mesófilos e de bolores e leveduras permitiram uma vida útil de até 12 dias para os tubérculos armazenados em atmosfera modifica, e inferior a 6 dias para os tubérculos armazenados em atmosfera ambiente.

6 CONCLUSÃO

A avaliação física e química realizada permitiu conhecer as características dos tubérculos de yacon cultivados na região de Curitiba. Os tubérculos *in natura* analisados apresentaram-se basicamente constituídos por carboidratos 8,12% e água 89,8% resultando em um baixo valor calórico 34,74 kcal/100g.

O estudo de diferentes agentes antiescurecimento no processamento mínimo de tubérculos de yacon concluiu que o tratamento mais adequado entre os empregados foi o emprego de solução com 3% de ácido cítrico (Tratamento 2), que obteve a menor variação dos parâmetros de cor “L*”, “a*” e “b*” durante os 9 dias de armazenamento, apresentando-se adequado na manutenção das características sensoriais do produto.

Na avaliação da influência do emprego de diferentes atmosferas modificadas na conservação dos tubérculos de yacon minimamente processados, a melhor atmosfera para a manutenção da cor foi a Atmosfera 1 (20% CO₂ + 80% N₂), que manteve a menor variação dos parâmetros de cor “L*”, “a*” e “b*” durante os 15 dias de armazenamento.

O emprego de embalagem com atmosfera modificada foi efetivo na redução das perdas de peso do produto durante o armazenamento. Na avaliação dos aspectos sensoriais, a vida útil do produto foi limitada em 12 dias de armazenamento.

Os tubérculos de yacon minimamente processados armazenados em embalagens com diferentes atmosferas apresentaram condições sanitárias satisfatórias para as contagens de coliformes e *Salmonella*. As contagens microbiológicas de mesófilos e de bolores e leveduras permitiram uma vida útil de até 12 dias para os tubérculos armazenados em atmosfera modifica, e inferior a 6 dias para os tubérculos armazenados em atmosfera ambiente.

RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Em relação ao processamento dos tubérculos de yacon, sugere-se:

- ✓ Realizar a caracterização física e química dos tubérculos obtidos em diferentes regiões e épocas de colheitas;
- ✓ Testar outros antioxidantes e em diferentes concentrações e tempos de imersão;
- ✓ Estudar a degradação da inulina e dos frutooligossacarídeos durante o armazenamento;
- ✓ Verificar novas condições de atmosferas e embalagens na determinação da vida útil dos tubérculos de yacon minimamente processados;
- ✓ Fazer um delineamento testando ao mesmo tempo diferentes antioxidantes e atmosferas de armazenamento;
- ✓ Fazer um estudo em conjunto com a Área da Saúde para testar a variação das propriedades nutricionais durante o armazenamento.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Escala utilizada em análise sensorial de alimentos e bebidas – NBR 14141**. São Paulo: ABNT. 1998.

AHVENAINEN, R. T. New approaches in proving the shelf-life of minimally processed fruit and vegetable. **Trends in Food Science & technology**. v. 7, p. 179-187, 1996.

AHVENAINEN, R.T.; HURME, E. U.; HÄGG, M.; SKITTÄ, E. H. Shelf life of pre-peeled potato cultivated, stored, processed by various methods. **Journal of Food Protection**, v. 61, p.591-600, 1998.

ANDRADE, N. J.; BASTOS, M. S. R.; ANTUNES, M. A. Alterações metabólicas em frutas e hortaliças minimamente processadas. In: **Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças**. MORETTI, C. L. Brasília: Embrapa Informação tecnológica, 2004.

ANGULO, H. **El yacón**. Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2001.

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST'S. **Official methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists**. 17 th. Arlington: AOAC Inc., 2000.

APHA. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Compendium of methods for the microbiological of foods**. 3. ed., Washington: APHA, 1992. 914p.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 2 ed. Viçosa: UVF, 1999. 416p.

ARAÚJO, P.G.L.; CAVALCANTE, R.A.; MOSCA, J.L.; ANSELMO, F.D.M.; SOUZA, M.C. Efeito de diferentes concentrações de ácido cítrico em batata minimamente processada acondicionada em atmosfera modificada e armazenada sob refrigeração. In: IX CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 2004, Recife. **Anais...** Recife: SBCTA, 2004. 1 CD-ROM.

ARRUDA, L. F. Irradiação de pescados. **Revista Panorama da Aquicultura**. v. 2, 1999.

AYBAR, M. J.; SANCHEZ RIERA, A. N.; GRAU, A.; SANCHEZ, S. S. Hipoglicemic effect of the water extract of *Smallantus sonchifolius* (yacon) leaves in normal and diabetic rats. **Journal Ethnopharmacol**, n. 74, v. 2, p. 125-132, 2001.

BALMORE C. R. Packaging Technology for fresh and minimally processed Fruits and Vegetables. **Journal of Food Quality**. Westport: Connecticut, v. 10, p.207-217, 1987.

BARRET, D.M. Special treatments to maintain product quality. In: ANNUAL WORKSHOP FRESH-CUT PRODUCTS: MAINTAINING QUALITY AND SAFETY, Davis, 1998. **Proceedings...** Davis: University of California, p.6-7, 1998.

BARRIGA, M.I.; TRACHY, G.; WILLEMONT, C. E SIMARD, R.E. Microbial Changes in Sheredded Iceberg Lettuce Stored under Controlled Atmospheres. **Journal of Food Science**, v. 56, n.6, p.1586-1588, 1991.

BEUCHAT, L. R. Ecological factors influencing survival and growth of human pathogens on raw fruits and vegetals. **Microbes and Infection**, v. 4, p.413-423, 2002.

BEZERRA, V. S. Alterações na composição química e cocção de raízes de mandioca minimamente processadas. **Manual Técnico**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2000. 92p.

BOBIO; F. O.; BOBIO, P. A. **Química do processamento de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Livraria Varela, 2001. 151p.

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

BRACKMANN, A.; CHITARRA, A.B. Atmosfera controlada e atmosfera modificada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas. Armazenamento e processamento de produtos agrícolas. **Simpósio...** Lavras: UFLA/SBEA, 1998. p.133-169.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Resolução RDC nº 12 de 2 de janeiro de 2001. Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da Republica Federativa do Brasil**, Brasília, 2 jan. 2001.

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

BURNS, J. K. Lightly processed fruits and vegetables: introduction. **HortScience**. v.30, n.1, p.14, 1995.

CANTOS, E.; TUDELA, J. A.; GIL, M. I.; ESPÍN, J. C. Phenolic compounds and related enzymes are not rate-limiting in browning development of fresc-cut potatoes. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 50, p.3015-3023, 2002.

CANTWELL, M. Fresch-cut product biology and requirementes. **Perishables handling newsletter issue**. n. 80, p. 4-6. 1995.

CANTWELL, M. **Postharvest handling systems: minimally processed fruits and vegetables**. Oakland: University of California, p.277-281, 1992.

CAPITO, S. M. P. **Raiz tuberosa de yacon (*Polyminia sonchifolia*): caracterização química e métodos de determinação de frutanos (CG e CLAE-DPA)**. São Paulo, 2001. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Departamento de Ciência dos Alimentos, Universidade Estadual de São Paulo.

CARBONARI, M.; SIGRIST, J.M.M.; SARANTÓPOULOS, C.I.G.L.; FONSECA, E.S. Influência do corte e da embalagem em abacaxi minimamente processado. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2000, Viçosa. **Resumos...** Viçosa: UFV, p.3, 2000.

CASTRO, J.V. Colheita de hortaliças e determinação do ponto de colheita. **Pós-colheita e Armazenamento de Hortaliças**. Campinas: ITAL, 1982.

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

CHAVES, J. B. P.; SPROESSER, R. L. **Práticas de laboratório de análise sensorial de alimentos e bebidas**. Viçosa: Editora da Universidade Federal de Viçosa, 1996. 81p.

CHITARRA, M. I. F. **Processamento mínimo de Frutas e Hortaliças**. Viçosa, Centro de Produções Técnicas, 1998, 87p.

CHITARRA, M.I.F.; & CHITARRA, A.B. **Pós-Colheita de Frutos e Hortaliças: Fisiologia e Manuseio**. Lavras: ESAL, 1990. 293 p.

CIE PUBLICATION. **Colorimetry**, 2. ed. Available from U.S National Committee, n. 15.2, 1986.

CLEMENTE, E.; PASTORE, G.M. Peroxidase and polyphenoloxidase, the importance for food technology. **Boletim SBCTA**, Campinas, v.32, n.2, p.167-171, 1998.

COSTA, A.; ANTUNES, P. L. Branqueamento e vácuo na conservação de ervilha (*Pisum sativum* L.) minimamente processada. In: **XVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**. Porto Alegre - RS, 2002 (CD Rom).

DECAGON DEVICES INC. **Water activity meter**: operator's manual. 3. ed. Pullman, WA: Decagon, 2001. 185p.

DURIGAN, J. F. O processamento mínimo de frutas. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA**. Fortaleza: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2000. 12p. (Palestra).

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Hortaliças minimamente processadas**. Brasília: Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças, 2003. 133p.

FARBER, J.M. Microbiological aspects of modified-atmosphere packaging technology – a review. **Journal of Food Protection**, Des Moines, v.54, n.1, p.58-70, 1991.

FENNEMA, O. R. **Química de los alimentos**. 2. ed., Zaragoza: Editorial Acribia, 2000. 1258p.

FERREIRA, V.L.P. **Princípios e aplicações de colorimetria em alimentos**. Instruções Técnicas do ITAL, n. 19, 1981, 86 p.

FONSECA, S. C.; OLIVEIRA, F. A. R.; BRECHT, J. K. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. **Journal of Food Engineering**, v. 52, p.99-119, 2002.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. 9 ed., Atheneu, São Paulo, 1999.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1996.

FUKAI, K.; OHNO, S.; GOTO, K.; NANJO, F. Seasonal fluctuations in fructan content and related enzyme activities in yacon (*Polymnia sonchifolia*). **Soil Science and Plant Nutrition**. v. 43, n.1, p. 171 – 177, 1997.

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

GARRET, E. H. Fresh-cut produce: tracks and trends. **Science, technology and market**. Boca Raton, p.1-10, 2002.

GONÇALVES, N.B. **Abacaxi: pós-colheita**. Brasília: Embrapa-SCT, 2000. 45p. (Frutas do Brasil, 5).

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

GRAU, A., REA, J. **Yacon *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.)**. Roma: IPK, Gatersleben/IPGRI, 1997. p. 199–242.

HANASHIRO, M.M. **Relações de coordenação entre agricultura, indústria e distribuição dos produtos minimamente processados**. Campinas, 2003. 125p. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Estadual de Campinas.

HAMZA, F.; et al. Storage of Minimally Processed Romaine Lettuce under Controlled atmosphere. **Journal of Food Quality**. Westport: Connecticut, v. 19, p.177-188, 1996.

HEIMDAL H., KÜHN B.F., POLL L., LARSEN L.M. Biochemical Changes and Sensory Quality of Shredded and MA-Packaged Iceberg Lettuce. **Journal of Food Science**, v.60, n.6, p.1265-1276, 1995.

HEMEDA, H.M.; KLEIN, B.P. Effects of naturally occurring antioxidants on peroxidase activity of vegetables extracts. **Journal of Food Science**, Chicago, v.55, n.1, p.184-185, 1990.

HERMANN, M.; FREIRE, I.; PAZOS, C. Compositional diversity of the yacon storage root. **CIP Program Report**, Lima p. 425: 432, 1998.

HEWITT, L. Fight the good fat. **Food Manufacture**, London. v.69, n.10, p.20, 1994.

IADEROZA, M.; BALDINI, V.L.S. **Ênzimos e a qualidade de vegetais processados**: manual técnico. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, p.37-51, 1991.

IFPA - INTERNATIONAL FRESH-CUT PRODUCE ASSOCIATION. **Offering global expertise in fresh-cut produce**. Fourth Edition. 2001. 213p.

KAKIHARA, T.S., CÂMARA, F.L.A., VILHENA, S.M.C. **Cultivo e industrialização de yacon (Polymnia sonchifolia) : uma experiência brasileira**. In: Congresso Latino Americano de Raízes Tropicais, 1 e Congresso Brasileiro de mandioca, 9, 1996. Resumo n. 148.

KADER, A. A. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v.40, n.5, p.99-104, 1986.

KADER, A.A. **Pineapple**: recommendations for maintaining postharvest quality. Disponível em: <<http://rics.ucdavis.edu/postharvest2/Produce/ProduceFacts/Fruit/pineapple.shtml>>. Acesso em: 22 jul. 2003.

KADER, A. A., ZAGORY, D.; KERBEL, E. L. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. **Critical Reviews in food Science and nutrition**. West Palm Beach, v. 28, n. 1, p.1-30, 1989.

KATO, M.S.A., SOUZA, S.M.C. Conservação de raízes após colheita. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.13, n.145, p. 9-14, Jan. 1997.

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. Food and Nutrition Press, Inc., Trumbull, Connecticut, **Journal of Food Processing & Preservation**, v.13, p. 1-69, 1989.

LACHMAN, J.; FERNANDEZ, E. C.; ORSAK, M. Yacon (*Smallanthus sonchifolius*, POEPP. et ENDL.) chemical composition and use – a review. **Plant, Soil and Environment**. v. 49, n. 6, p. 283-290. 2003.

LAMBRECHT, H. S. Sulfite substitutes for the prevention of enzymatic browning in foods. **Fruit Processing**, v. 2, p.9-13, 1995.

LANGDON, T. T. Prevention of browning in prepared potatoes without the use of sulfiting agents. **Food Technology**, v. 41, p.64-67, 1987.

LAURILA, E.; HURME, E.; AHVENAINEN, R. The shelf life of sliced raw potatoes of various cultivar varieties-substitution of bisulfites. **Journal of Food Protection** (in press). 1998.

LIMA, L. C.; SCALON, S. P. Q.; SANTOS, J. E. S. Qualidade de mangas embaladas com filme PVC durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 18, n. 1, p.55-63, 1996.

LOPEZ-GALVEZ, G.; PEISER, G.; NIE, X.; CANTWELL, M. Quality changes in packaged salad products during storage. **Z Lebensm Unters Forsch A**, v. 205, p. 64-72, 1997.

LUO, Y. **Enhanced control of enzymatic browning of apple slices by papain**. Washington: State University, 1992. 75p.

MATHEIS, G. Polyphenol oxidase and enzymatic browning of potatoes (*Solanum tuberosum*). **Chem. Microbiol. Lebensm.**, 11:5- 12, 1987.

MATTHEWS, R. F.; LINDSEY, J. A.; WEST, P. F.; LEINART, A. Refrigerated vacuum packaging of carambola slices. **Proceeding of Florida State Horticultural Society**, n. 102, p.166-169, 1989.

MATTHEWS, R. F.; MYERS, P. O. Effect of antioxidants on browning of refrigerated carambola slices. **Proceeding of Florida State Horticultural Society**, n. 108, p.316-320, 1995.

MACDONALD, R. **Colour Physics for Industry**. Society of Dyers and Colourists Bradford, 1987.

MARRERO, A.; KADER, A.A. Factors affecting the post-cutting life and quality of minimally processed pineapple. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.553 (v.2), p.705-706, 2001.

MERCADO-SILVA, E.; GARCIA, R.; HEREDIA-ZEPEDA, A.; CANTWELL, M. Development of chilling injury in five jicama cultivars. **Postharvest Biology and Technology**, v. 28, p.313-325, 2003.

MOREIRA, G. C.; VIEITES, R. L.; CAMPOS, A. J.; DAMATTO JR, E. R.; EVANGELISTA, R. M. Caracterização fisiológica de maçã ´ royalgala ´ minimamente processada, submetida a diferentes concentrações de ácido ascórbico. In: IX CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 2004, Recife. **Anais...** Recife: SBCTA, 2004. 1 CD-ROM.

NASCIMENTO E.F., MOLICA E.M., MORAES J.S. **Hortalças Minimamente Processadas (Mercado e Produção)**. Brasília: EMATER- DF, 2000, 53p.

NICOLAS, J. J.; RICHARD-FORGET, F. C.; GOUPY, P. M.; AMIOT, M. J.; AUBERT, S. Y. Enzymatic browning reactions in apple and apple products. **Crit. Rev. Food Sci. Nutr.**, v. 34, n. 2, p.109-157, 1994.

NOT just fruit. **Food Ingredients and Analysis International**. v. 18, n. 3, p.45-48, 1996.

O'BEIRNE D. Modified Atmosphere Packaging of Fruits and Vegetable. In: Chilled Fruits , GOURMLEY, T. R., **Comission of the European Comminities**, p. 183 –199, 1990.

O'CONNOR-SHAW, R.E.; ROBERTS, R.; FORD, A.L., NOTTINGHAN, S.M. Changes in sensory quality of sterile cantaloupe dice stored in controlled atmospheres. **Journal of Food Science**, Chicago, v.61, n.4, p.847-851, 1996.

OKEREKE, A.; BEELMAN, R. B. Acid-blanching and EDTA effects on yield, quality and microbiological stability of canned mushrooms. **J. Food Science**, v. 55, n. 5, p.1327-1330, 1990.

ORTIZ, S. A. **Aspectos legais da vida-de-prateleira de produtos alimentícios**. Boletim ITAL, v. 19, n. 1, p.33-97, 1982.

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

PASTORIZA, L.; SAMPEDRO, G.; HERRERA, J.; CABO, M. Effect of modified atmosfera packaging on shelf-life of ice fresch hake slices. **Journal Science Food Agricultural**, 1996.

PAULL, R. E., CHEN, W. Minimal processing of papaya (*Carica papaya* L.) and the physiology of halved fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v.12, n.1, p.93-9, 1997.

PHILLIPS C.A. Review: Modified Atmosphere Packging and its effects on the microbiology quality and safety of products. Blackwell Science Ltd , **International Journal of Science and Tecnology**, v. 31, p. 463-479. 1996.

QI, L.; WU, T.; WATADA, A.E. Quality changes of fresh-cut honeydew melons during controlled atmosphere storage. **Journal of Food Quality**, Trumbull, v.22, n.5, p.513-521, 1999.

QUEIROZ, M. I. **Introdução à análise sensorial**. Campinas: SP. 1984. 135p.

QUINTEROS, E.T.T. **Produção com tratamento enzimático e avaliação do suco de yacon**. Campinas, 2000. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

RANHOTRA, G.S.; GELROTH, J.A.; GLASER, B.K. Usable energy value of selected bulking agents. **Journal of Food Science**. Chicago. v.58, n.5, p. 1176-1178. 1993.

REES, D.; VANOIRSCHOT, Q. E. A.; AMOUR, R.; RWIZA, E.; KAPNGA, R.; CAREY, T. Cultivar variation in keeping quality of sweet potatoes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 8, p.313-325, 2003.

RIBEIRO, D. R. M.; VIDAL JR, P. A.; DANTAS, M. I. S.; DUTRA, L. S.; BARBOSA, R. B.; MINIM, V. P. R.; VANETTI, M. C. D. Efeito do tratamento com ácido cítrico e revestimentos comestíveis em mandioca minimamente processada. In: IX CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 2004, Recife. **Anais...** Recife: SBCTA, 2004. 1 CD-ROM.

ROBERFROID, M.; GIBSON, G.R.; DELZENNE, N. The biochemistry of oligofructose, a nondigestible fiber: na approach to calculate its caloric value. **Nutrition Reviews**. Lawrence. v.51, n.5, p.137-146, 1993.

ROBINSON, R. K. The potential of inulin as a functional ingredient. **British Food Journal**, Bradford. v. 97, n. 4, p. 30-32, 1995.

ROCCULI, P.; ROMANI, S.; DALLA ROSA, M. Evaluation of physico-chemical parameters of minimally processed apples packed in non-conventional modified atmosphere. **Food Research International**. 2004.

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

SAINZ, L., R. **Estudo tecnológico para desenvolvimento de um produto minimamente processado à base de carpa-capim (*Ctenopharyngodon idella*)**. Rio Grande, 2001. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Departamento de Engenharia Química, Fundação Universidade Federal do Rio Grande.

SAINZ, R.; COSTA, A. C.; FONSECA, R. Frutas e hortaliças minimamente processadas, um novo mercado para a indústria de alimentação. Rio do Sul/SC: **ANAIS XII EPEAAF**, 1999.

SAPERS, G. M. Browning of foods: control by sulfites, antioxidants and others means. **Food Technology**, p.75-84, 1993.

SARANTÓUPOLOS, C. I. G. L. **Embalagens inteligentes para vegetais**. Campinas: CETEA, v. 7, n. 1, 1995.

SARANTÓUPOLOS, C. G. I. L.; OLIVEIRA, L. M.; CANAVESI, E. **Requisitos de conservação de alimentos em embalagens flexíveis**. Campinas: CETEA/ITAL, 2001. 215P.

SARANTÓUPOLOS, C. I. G. L.; SOLER, R. M.; OLIVEIRA, L. M.; PADULA, M. **Novas tecnologias de acondicionamento de alimentos**. Campinas : ITAL, 1988.

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

SIGRIST, J. M. S. Pré-resfriamento, respiração, transpiração e transformações químicas das hortaliças. **Pós-colheita e Armazenamento de Hortaliças**. Campinas: ITAL, 1982.

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

SIMPSON, S. J.; PICGOT, J.R.; WILLIAMS, S. A. R. Sensory analysis. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 33, n. 1, p.7-18, 1998.

SOUZA, R. A. M. Perspectivas do mercado de frutas e hortaliças minimamente processadas. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2000, Viçosa. **Palestras...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, p.1-22, 2000.

STRYER, L. **Bioquímica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. 1000p.

TAYLOR, S. L. **Why sulfite alternatives?** Food Technology, v. 47, p.14, 1993.

TEIXEIRA, E.; MEINART, E. M.; BARBETTA, P. A. **Análise sensorial de alimentos**, Florianópolis: UFSC, 1987.180p.

TEIXEIRA, G. H. A.; DURIGAN, J. F.; ALVES, R. E. Reducing browning of fresh-cut carambola with chemical additives and low-oxygen atmospheres. **HortScience**, v. 30, n. 1, p.15-17, 2002.

TORRES, M. E.; PINHEIRO, A. C. M.; CHITARRA, A. B.; BONNAS, D. Abacaxi minimamente processado armazenado sob refrigeração e atmosfera modificada. In: **XVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**. Porto Alegre - RS, 2002 (Cd Rom).

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

USP – UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SÃO PAULO. Tabela brasileira de composição de alimentos: projeto integrado de composição de alimentos. Disponível em: <<http://www.fcf.usp.br/tabela/tbcamenu.php>> Acesso em: 20 nov. 2003.

VÁMOS-VIGYAZÓ, L. Polyphenol oxidase and peroxidase in fruits and vegetables. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 15, p.49-127, 1981.

VANETTI, M. C. D. **Microbiologia de frutas e hortaliças minimamente processadas**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 25p.

VILAS-BOAS, E. V. B. Efeito da atmosfera controlada sobre a qualidade de bananas minimamente processadas. In: **XVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**. Porto Alegre - RS, 2002 (Cd Rom).

VILHENA, S. M. C. **Efeito da exposição ao sol e do armazenamento sobre a composição dos carboidratos de reserva em raízes tuberosas do yacon (*Polymnia sonchifolia* Poep. Endl.)** Botucatu, 1997. 63 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas. Universidade Estadual Paulista.

VILHENA, S.M.C.; CÂMARA, F.L.A.; LIMA, G.P.P. Ciclo de cultivo de yacon (*Polymnia sonchifolia* Poep. Endl) em função do conteúdo de frutanos nos órgãos subterrâneos. In: **II Simposio Latinoamericano de Raíces y Tuberculos**, Lima (Perú), Universidad Nacional Agraria La Molina, 28-30 de noviembre, 2001.

VOLPATO, G.; VIEIRA, F.; ALMEIDA, F.; CAMARA, F.; LEMONICA, I. II World congress on medical and aromatic plants for human welfare organized by ICMAP-ISHS, SAIPA, Mendoza, 1997. **Abstracts...** Argentina, p. 349, 1997.

WATADA, A., ABE, K., YAMUCHI, N. Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. **Food Technology**. v.20, p.116-120, 1990.

WATADA, A.; NATHANEE, P. K.; MINOTT, D. A. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. **Postharvest Biology and Technology**, n. 9, p.115-125, 1996.

WELLER, A.; SIMS, C. A.; MATTHEWS, R. F.; BASTES, R. P. Browning susceptibility and changes in composition during storage of carambola slices. **Journal of Food Science**, v. 62, n. 2, p.256-260, 1997.

WHITAKER, J. R.; LEE, C. Y. Recent advances in chemistry of enzymatic browning, **Food Tech.**, v. 44, p.116-122, 1995.

WHITE MARTINS. **Tecnologia MAP**. Curitiba: WHITE MARTINS. 2003. 15p.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Quality control methods for medicinal plant materials**. Geneva: WHO,1998. 115p.

WILEY, R. C. **Frutas y hortalizas minimamente processadas y refrigeradas**. Zaragoza: ACRIBIA, 1997. 368p.

YAMASHITA, F.; BENASSI, M.T.; KIECKBUSCH, T.G. Shelf life extension of individually film-wrapped mangoes. **Tropical Science**, v. 37, n. 2, p. 249-255, 1997.

ZAGORY, D. Effects of post-processing handling and packaging on microbial populations. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.15, n.3, p.313-321, 1999.

ZAGORY, D.; KADER, A.A. Modified atmosphere packaging of fresh produce. **Food Technology**, Chicago, v.42, n.9, p.70-77, 1988.

ZARDINI, E. Ethnobotanical notes of yacon, *Polymnia sonchifolia* (Asteraceae). **Economic Botany**. v. 45, n.1, p.72-85, 1991.

ZEMMEL, G. P.; SIMS, C. A.; MARSHALL, M. R.; BALABAN, M. Low pH inactivation of polyphenoloxidase in apple juice. **J. Food Science**, v. 55, n. 2, p.562-563, 1990.

APÊNDICE

APÊNDICE 1 –VARIÂNCIA DOS TUBÉRCULOS DE ANÁLISE DE YACON MINIMAMENTE PROCESSADOS TRATADOS COM DIFERENTES AGENTES ANTIOXIDADANTES.....	99
APÊNDICE 2 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS TUBÉRCULOS DE YACON MINIMAMENTE PROCESSADOS ARMAZENADOS EM EMBALAGENS COM DIFERENTES ATMOSFERAS.....	100

APÊNDICE 1 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS TUBÉRCULOS DE YACON MINIMAMENTE PROCESSADOS TRATADOS COM DIFERENTES AGENTES ANTIOXIDANTES

TABELA A.1 – RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AS MEDIDAS DE COR L*, a* E b* DO SISTEMA CIELab, EM TUBÉRCULOS DE YACON, PARA O ARRANJO FATORIAL DE 20 INTERAÇÕES (TRATAMENTOS X TEMPO)

Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio		
		L	a	b
Fator A (tratamento)	3	1311,068*	6,5331*	87,4887*
Fator B (tempo)	4	532,496*	10,6505*	64,3759*
Fator AB (trat. X tempo)	12	80,1572*	0,511436*	8,82054*
Resíduo	20	0,03125	0,0004175	0,035
Total	39			
Teste de Bartlett		13,15 ^{ns}	12,23 ^{ns}	8,17 ^{ns}
Coeficiente de variação		15,12%	7,45%	9,15%

NOTA: * - significativo no nível de 5% de probabilidade
ns – não significativo

TABELA A.2 – RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AS MEDIDAS DE pH E SÓLIDOS SOLÚVEIS, EM TUBÉRCULOS DE YACON, PARA O ARRANJO FATORIAL DE 20 INTERAÇÕES (TRATAMENTOS X TEMPO)

Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	
		pH	Sólidos Solúveis
Fator A (tratamento)	3	6,99145*	0,09 ^{ns}
Fator B (tempo)	4	0,065196*	0,0365 ^{ns}
Fator AB (trat. X tempo)	12	0,352031*	0,02 ^{ns}
Resíduo	20	0,00026	0,018
Total	39		
Teste de Bartlett		8,97ns	5,43ns
Coeficiente de Variação		9,15%	0,31%

NOTA: * - significativo no nível de 5% de probabilidade
ns – não significativo

APÊNDICE 2 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS TUBÉRCULOS DE YACON MINIMAMENTE PROCESSADOS ARMAZENADOS EM EMBALAGENS COM DIFERENTES ATMOSFERAS

TABELA A.3 – RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AS MEDIDAS DE COR L*, a* E b* DO SISTEMA CIELab, EM TUBÉRCULOS DE YACON MINIMAMENTE PROCESSADOS, PARA O ARRANJO FATORIAL DE 24 INTERAÇÕES (ATMOSFERAX TEMPO)

Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio		
		L	a	b
Fator A (atmosfera)	3	183,933*	1,7619*	25,7135*
Fator B (tempo)	5	353,694*	11,651*	88,7134*
Fator AB (atm x tempo)	15	8,6926*	0,2375*	1,4338*
Resíduo	24	0,05958	0,003479	0,05937
Total	47			
Teste de Bartlett		10,26ns	9,08ns	11,87ns
Coeficiente de variação		12,25%	8,31%	9,15%

NOTA: * - significativo no nível de 5% de probabilidade

ns – não significativo

TABELA A.4 – RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AS MEDIDAS DE pH, ACIDEZ TOTAL TITULÁVEL E SÓLIDOS SOLÚVEIS, EM TUBÉRCULOS DE YACON, PARA O ARRANJO FATORIAL DE 24 INTERAÇÕES (ATMOSFERA X TEMPO)

Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio		
		pH	Acidez Titulável	Sólidos Solúveis
Fator A (atmosfera)	3	9,2398*	0,1305*	2,309*
Fator B (tempo)	5	1,3945*	0,12186*	1,10165*
Fator AB (atm x tempo)	15	0,40448*	0,0057*	0,11447*
Resíduo	24	0,00212	0,00127	0,00635
Total	47			
Teste de Bartlett		6,25ns	8,95ns	10,13ns
Coeficiente de Variação		7,43%	8,65%	3,45%

NOTA: * - significativo no nível de 5% de probabilidade

ns – não significativo