

LÍVIA DE LACERDA DE OLIVEIRA PINELI

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA, SENSORIAL E NUTRICIONAL DE
BATATAS MINIMAMENTE PROCESSADAS**

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós - Graduação em
Nutrição Humana do Departamento
de Nutrição da Faculdade de
Ciências da Saúde da Universidade
de Brasília – UnB, como requisito
parcial para obtenção do Título de
Mestre em Nutrição Humana.

Orientador: Dr. Celso Luiz Moretti

Brasília

2005

FICHA CATALOGRÁFICA

Pineli, Livia de Lacerda de Oliveira

Caracterização física, química, sensorial e nutricional de batatas minimamente processadas: 2005./Livia de Lacerda de Oliveira Pineli – Brasília, Distrito Federal, 2005.

Dissertação (mestrado) – Universidade de Brasília. Faculdade de Ciências da Saúde. Programa de Pós-Graduação em Nutrição Humana.

1. Processamento mínimo de batatas. 2. Materiais e Métodos. 3. Atividade Respiratória de Batatas 'Ágata' e 'Monalisa' Minimamente Processadas armazenadas a 5 e 15°C. 4. Caracterização física e química de batatas 'Ágata' e 'Monalisa' minimamente processadas armazenadas a 5 e 15°C. 5. Correlação entre características físicas, químicas e sensoriais de batatas 'Ágata' e 'Monalisa' minimamente processadas. 6. Caracterização física e química de batatas 'Ágata' minimamente processadas embaladas sob diferentes atmosferas modificadas. 7. Redução do escurecimento de batatas 'Ágata' minimamente processadas pela associação de atmosfera modificada e antioxidantes. 8. Aceitabilidade e vida de prateleira batatas minimamente processadas.

BANCA EXAMINADORA

DR. CELSO LUIZ MORETTI

EMBRAPA HORTALIÇAS

(ORIENTADOR)

PROF^A DR^A WILMA COELHO ARAÚJO

DEPARTAMENTO DE NUTRIÇÃO – UNB

(MEMBRO)

DR^A. CRISTINA MARIA MONTEIRO MACHADO

EMBRAPA HORTALIÇAS

(MEMBRO)

PROF^A. DR^A. ANA MARIA JUNQUEIRA

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

(MEMBRO SUPLENTE)

AGRADECIMENTOS

A Deus, que me ilumina e me conduz por bons caminhos;

A meu país, que me motivou e me proporcionou este trabalho;

A Sérgio e Henrique, pelo amor, pela compreensão, pela paciência e pela força;

A meus pais, pelo apoio, pela segurança e por sempre acreditarem em mim;

A meus irmãos Levy e Flávio, pela energia e carinho que viajam distâncias;

Ao Dr. Celso, pela orientação e amizade, pela dedicação, pela grande oportunidade de trabalho e pelo aprendizado incalculável;

À Prof. Wilma, pela recepção tão hospitaleira no Departamento de Nutrição, pelos ensinamentos e por ser uma pessoa tão especial;

Ao Prof. Albano, pelo intermédio entre a Embrapa e a UnB, fundamental para a realização deste trabalho, e pela grande atenção a mim dispensada,

Ao Dr. Ossami, pesquisador da Embrapa Hortaliças, pelos conselhos e informações preciosas que nortearam este trabalho;

Ao Gustavo, pelo companheirismo, pela grande amizade e pela parceria;

Aos colegas, funcionários e pesquisadores da Embrapa Hortaliças, pela ajuda, pelo convívio, pelos conselhos e pelos bons momentos vividos;

Aos colegas, funcionários e professores do Programa de Pós-Graduação em Nutrição Humana pelo convívio, pela amizade, pelas novas experiências;

À Faculdade da Terra de Brasília, por ter cedido o laboratório de análise sensorial, e aos provadores e colaboradores que participaram do trabalho.

À ADF, representada pelo Eng. Agr. Marcos Rogério Boschini, pelo apoio no fornecimento de batatas;

À Doremus, representada pela Sr^a. Waldirene, pelo apoio no fornecimento de antioxidantes;

À Capes, e ao Programa BIRD-PRODETAB/EMBRAPA, pelo apoio financeiro.

ÍNDICE

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	xii
LISTA DE ANEXOS	xiii
RESUMO	xiv
ABSTRACT	xvi
INTRODUÇÃO	1

CAPÍTULO 1: Revisão de literatura – Processamento mínimo de batatas

Resumo	18
Abstract	19
Introdução	20
Produção de batata minimamente processada	25
Alterações fisiológicas	35
Conclusões	50
Referências bibliográficas	51

CAPÍTULO 2: Materiais e Métodos

Experimento 1	65
Experimento 2	67
Experimento 3	68
Experimento 4	70
Experimento 5	71
Experimento 6	72
Métodos analíticos	74
Referências bibliográficas	79

CAPÍTULO 3: Atividade Respiratória de Batatas ‘Ágata’ e ‘Monalisa’ Minimamente Processadas armazenadas a 5 e 15°C.

Resumo	81
--------	-----------

Abstract	82
Introdução	83
Materiais e Métodos	84
Resultados e Discussão	85
Conclusões	89
Referências bibliográficas	90

CAPÍTULO 4: Caracterização física, química e nutricional de batatas ‘Ágata’ e ‘Monalisa’ minimamente processadas armazenadas a 5 e 15°C.

Resumo	95
Abstract	96
Introdução	97
Materiais e Métodos	99
Resultados e Discussão	101
Conclusões	112
Referências bibliográficas	113

CAPÍTULO 5: Correlação entre características físicas, químicas, nutricionais e sensoriais de batatas ‘Ágata’ e ‘Monalisa’ minimamente processadas.

Resumo	120
Abstract	121
Introdução	122
Materiais e Métodos	123
Resultados e Discussão	126
Conclusões	136
Referências bibliográficas	137

CAPÍTULO 6: Caracterização física e química de batatas ‘Ágata’ minimamente processadas embaladas sob diferentes atmosferas modificadas.

Resumo	142
Abstract	143

Introdução	144
Materiais e Métodos	145
Resultados e Discussão	147
Conclusões	155
Referências bibliográficas	156

CAPÍTULO 7: Redução do escurecimento de batatas ‘Ágata’ minimamente processadas pela associação de atmosfera modificada e antioxidantes.

Resumo	161
Abstract	162
Introdução	163
Materiais e Métodos	165
Resultados e Discussão	166
Conclusões	179
Referências bibliográficas	180

CAPÍTULO 8: Aceitabilidade e vida de prateleira de batatas minimamente processadas.

Resumo	186
Abstract	187
Introdução	188
Materiais e Métodos	190
Resultados e Discussão	192
Conclusões	200
Referências bibliográficas	201
Conclusões finais	203
Anexo 1	205
Anexo 2	213
Anexo 3	214
Anexo 4	217
Anexo 5	218

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABBA: Associação Brasileira de Bataticultores

ACC: ácido 1-carboxílico-1-aminociclopropano

AST: teor de açúcares solúveis totais

AMD: teor de amido

AM: atmosfera modificada

ANOVA: análise de variância univariada

CEASA: Central de Abastecimento

CO₂: gás carbônico

DMS: diferença mínima significativa

DNA: ácido desoxirribonucléico

FAL: fenilalanina amônia liase

FAO: Food and Agriculture Organization

FDA: Food and Drug Administration

FM: firmeza

FW: fresh weight

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IE: índice de escurecimento

IFT: Institute of Food Technologists

IFPA: International Fresh-Cut Produce Association

LGL: L-galactono-1,4-lactona desidrogenase

MF: matéria fresca

MI: Ministério da Integração Nacional

MP: minimamente processados

O₂: oxigênio

PNAN: Programa Nacional de Alimentação e Nutrição

PPO: polifenoloxidase

POD: peroxidase

RR: respiration rate

TR: taxa respiratória

VCT: teor de vitamina C total

VP: vácuo parcial

LISTA DE FIGURAS:

CAPÍTULO 1:

Figura 1: Fluxograma geral do processamento mínimo de batatas **28**

Figura 2: Via biossintética proposta para síntese de vitamina C em plantas **46**

CAPÍTULO 2:

Figura 1: (a) Máquina processadora (modelo PCED). (b) Batatas no momento do descasque por abrasão no tambor rotativo. **65**

Figura 2: (a) Sanitização de batatas minimamente processadas em solução a 150 ppm de cloro ativo. (b) Centrifugação de batatas minimamente processadas **66**

Figura 3: (a) Frascos com batatas minimamente processadas e intactas. (b) Coleta de uma amostra da atmosfera interna de frascos de batatas minimamente processadas. **66**

Figura 4: Embalagem de batatas minimamente processadas. **68**

CAPÍTULO 3:

Figura 1: Taxa de evolução de CO₂ de batatas 'Ágata' intactas e minimamente processadas a 5 e 15°C. **86**

Figura 2: Taxa de evolução de CO₂ de batatas 'Monalisa' intactas e minimamente processadas a 5 e 15°C. **87**

CAPÍTULO 4:

Figura 1: Embalagens de batatas minimamente processadas armazenadas a 5 e 15 °C por 0, 3, 6 e 9 dias. **101**

Figura 2: Firmeza em batatas 'Ágata' e 'Monalisa' minimamente processadas e armazenadas a 5 e 15 °C. **102**

- Figura 3:** Atividade da Polifenoloxidase (a) e Peroxidase (b) em batatas 'Ágata' e 'Monalisa' minimamente processadas e armazenadas a 5 e 15 °C. **104**
- Figura 4:** Teor de açúcares solúveis totais em batatas 'Ágata' e 'Monalisa' minimamente processadas e armazenadas a 5 e 15 °C. **106**
- Figura 5:** Teor de amido em batatas 'Ágata' e 'Monalisa' minimamente processadas e armazenadas a 5 e 15 °C. **107**
- Figura 6:** Teor de vitamina C total em batatas 'Ágata' e 'Monalisa' minimamente processadas e armazenadas a 5 e 15 °C. **109**
- CAPÍTULO 5:**
- Figura 1:** Correlação entre firmeza sensorial e firmeza instrumental de batatas 'Ágata' (a) e 'Monalisa' (b) minimamente processadas. **127**
- Figura 2:** Correlação entre o escurecimento sensorial e o índice de escurecimento (IE) de batatas 'Ágata' (a) e 'Monalisa' (b) minimamente processadas. **127**
- Figura 3:** Correlação entre o escurecimento sensorial e o valor L* de batatas 'Ágata' (a) e 'Monalisa' (b) minimamente processadas. **128**
- Figura 4:** Correlação entre a qualidade global e o índice de escurecimento (IE) de batatas 'Ágata' (a) e 'Monalisa' (b) minimamente processadas. **129**
- Figura 5:** Índice de escurecimento em batatas 'Ágata' e 'Monalisa' minimamente processadas embaladas sob vácuo parcial e armazenadas a 5°C. **130**
- Figura 6:** Correlação entre a qualidade global e a firmeza instrumental de batatas 'Ágata' (a) e 'Monalisa' (b) minimamente processadas. **131**
- Figura 7:** Correlação entre a firmeza sensorial e o amido de batatas 'Ágata' (a) 'Monalisa' (b) minimamente processadas.

	132
Figura 8: Tendência apresentada pelas características sensoriais de batatas minimamente processadas 'Ágata' e 'Monalisa' durante o armazenamento.	134
CAPÍTULO 6:	
Figura 1: Batatas minimamente processadas embaladas sob diferentes atmosferas modificadas durante o armazenamento refrigerado.	147
Figura 2: Índice de escurecimento em batatas 'Ágata' minimamente processadas, armazenadas sob diferentes atmosferas.	148
Figura 3: Atividade da Polifenoloxidase (a) e Peroxidase (b) em batatas 'Ágata' minimamente processadas sob diferentes atmosferas.	148
Figura 4: Firmeza em batatas 'Ágata' minimamente processadas armazenadas sob diferentes atmosferas.	150
Figura 5: Sólidos Solúveis Totais em batatas 'Ágata' minimamente processadas, armazenadas a 5°C.	152
Figura 6: Acidez titulável em batatas 'Ágata' minimamente processadas armazenadas a 5°C.	153
CAPÍTULO 7:	
Figura 1: Embalagens de batatas minimamente processadas tratadas com ac. eritrórbico 3% (a), ac.cítrico 2% + ac. eritrórbico 3% (b), ac. cítrico 2% (c) em atmosfera modificada passiva e ac. cítrico 3%+ ac. eritrórbico 5% em atmosfera modificada ativa (d).	167
Figura 2: Índice de escurecimento de batatas 'Ágata' minimamente processadas armazenadas a 5°C com aplicação de antioxidantes e embalagem sob atmosfera modificada ativa e passiva.	168

Figura 3: Atividade enzimática da polifenoloxidase (PPO) (a) e peroxidase (POD) (b) de batatas 'Ágata' minimamente processadas armazenadas a 5°C com aplicação de antioxidantes e embalagem sob atmosfera modificada ativa e passiva.

170

Figura 4: Teores de açúcares solúveis totais (a) e amido (b) de batatas 'Ágata' minimamente processadas armazenadas a 5°C com aplicação de antioxidantes e embalagem sob atmosfera modificada ativa e passiva.

171

Figura 5: Vitamina C total de batatas 'Ágata' minimamente processadas armazenadas a 5°C com aplicação de antioxidantes e embalagem sob atmosfera modificada ativa e passiva.

175

CAPÍTULO 8:

Figura 1: Distribuição de notas atribuídas a batatas minimamente processadas embaladas durante nove dias de armazenamento.

192

Figura 2: Avaliação sensorial de alguns atributos de qualidade de batatas minimamente processadas embaladas.

198

Figura 3: Distribuição dos valores de escala para cor, sabor, textura, forma e qualidade global de batatas minimamente processadas após o cozimento.

199

CONCLUSÕES FINAIS

Figura 1: Fluxograma proposto para processamento mínimo de batatas. 204

LISTA DE TABELAS**INTRODUÇÃO:**

Tabela 1: Comparação dos consumidores de frutas e hortaliças *in natura* e vegetais minimamente processados.

03

Tabela 2: Valor médio de hortaliças *in natura*, minimamente processadas (MP) e média de agregação de valor.

05**CAPÍTULO 5:**

Tabela 1: Coeficientes de correlação (r) obtidos entre as características físicas, químicas e sensoriais de batatas minimamente processadas.

126**CAPÍTULO 8:**

Tabela 1: Média das notas dos julgadores em teste de aceitação com escala hedônica de batatas minimamente processadas embaladas.

192

Tabela 2: Freqüência de consumo de batatas e hortaliças minimamente processadas, forma de aquisição e preparo.

195

ANEXOS

Anexo 1: Questionário de avaliação sensorial domiciliar	205
Anexo 2: Ficha de aceitação sensorial com escala hedônica	213
Anexo 3: Ficha de recrutamento de julgadores para Análise Descritiva Quantitativa de batatas minimamente processadas.	214
Anexo 4: Ficha para aplicação de teste de ordenação.	217
Anexo 5: Ficha definitiva para Análise Descritiva Quantitativa de batatas minimamente processadas	218

RESUMO

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA, SENSORIAL E NUTRICIONAL DE BATATAS MINIMAMENTE PROCESSADAS

A batata é a hortaliça de maior importância econômica no Brasil, sendo comercializada quase exclusivamente *in natura*. O processamento mínimo desta hortaliça tem-se revelado alternativa viável para sua industrialização, atendendo à demanda por produtos frescos, saudáveis e práticos ao mesmo tempo. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos das temperaturas de armazenamento, das diferenças varietais, da aplicação de atmosferas modificadas e dos antioxidantes em importantes características físicas, químicas, nutricionais e sensoriais de batatas minimamente processadas. Batatas (*Solanum tuberosum*, L.) 'Ágata' e 'Monalisa' foram minimamente processadas como mini-batatas. Após o processamento, as batatas foram embaladas em filmes de *nylon* multicamadas. As atmosferas aplicadas nos diversos experimentos foram o vácuo parcial, a atmosfera modificada passiva e a atmosfera modificada ativa com misturas gasosas de 10% CO₂, 2% O₂, 88% N₂ ou 5%CO₂, 5% O₂ e 90%N₂, sendo armazenadas em câmaras frias a 5 e 15°C, por 9 dias. Os tratamentos antioxidantes utilizados foram o ácido cítrico a 2%, o ácido eritrórbico a 3%, o ácido cítrico a 2% + ácido eritrórbico a 3% , em atmosfera modificada passiva, e ácido cítrico a 3% + ácido eritrórbico a 5% em atmosfera com 10% CO₂, 2%O₂ e 88% N₂. A avaliação da taxa de evolução de CO₂ em batatas intactas e minimamente processadas armazenadas a 5 e 15°C, realizada por meio de cromatografia gasosa, revelou que o processamento mínimo eleva a taxa metabólica de batatas, sendo a temperatura de 5°C a mais recomendada no controle deste processo. Batatas armazenadas a esta temperatura apresentaram melhor conservação no que diz respeito à manutenção das características físicas e químicas durante o armazenamento. Por meio de análise sensorial verificou-se que as análises instrumentais de firmeza e de escurecimento foram satisfatórias na predição de seus julgamentos sensoriais. A aplicação do vácuo parcial não foi capaz de manter os atributos de qualidade do produto, sendo, por isto, avaliada a influência de outros tipos de atmosferas. A cultivar Ágata foi selecionada por

seu formato mais arredondado e regular, pela sua menor susceptibilidade ao escurecimento em relação à 'Monalisa' e por sua boa disponibilidade no mercado. Observou-se nos produtos embalados sob atmosfera modificada ativa o desenvolvimento do escurecimento de forma muito rápida e intensa, inviabilizando a sua aplicação para a cultivar 'Ágata' de forma isolada. A associação de tratamentos antioxidantes às atmosferas modificadas passiva e ativa foram, posteriormente, avaliadas. A aplicação de antioxidantes em atmosfera modificada passiva não foi eficaz no controle do escurecimento de batatas minimamente processadas, dada a ocorrência de escurecimento gradual em alguns tubérculos das embalagens de todos os tratamentos, inviabilizando o produto já no terceiro dia de armazenamento. O tratamento combinado de antioxidantes em associação com atmosfera modificada ativa mostrou ser bastante eficaz no controle do escurecimento e manutenção da firmeza e outros atributos de qualidade de batatas minimamente processadas. Para este último tratamento, a análise sensorial revelou boa aceitação tanto para o produto embalado como para o produto cozido em domicílio e uma vida de prateleira de nove dias, suficiente para o atendimento à cadeia de comercialização e distribuição.

PALAVRAS-CHAVE: batatas, processamento mínimo, atmosfera modificada, temperatura de armazenamento, antioxidantes.

ABSTRACT
PHYSICAL, CHEMICAL, SENSORY AND NUTRITIONAL
CHARACTERISTICS OF FRESH-CUT POTATOES

Potato is the most important vegetable crop grown in Brazil, being commercialized mostly as a fresh product. Fresh-cut potatoes are a viable alternative to the processing industry, attending the demand for fresh, healthful and practical products. This work aimed at evaluating the effect of storage temperatures, cultivars differences, the application of modified atmospheres and antioxidants substances in important physical, chemical nutritional and sensory characteristics of fresh-cut potatoes. Potatoes (*Solanum tuberosum*, L.) 'Ágata' and 'Monalisa', grade "primeirinha" had been minimally processed as baby potatoes. After processing, potatoes were packed in multilayers nylon plastic films. The atmospheres applied in the experiments were partial vacuum, passive modified atmosphere and the active modified atmosphere with gaseous mixtures of 10% CO₂, 2% O₂, 88% N₂ or 5%CO₂, 5% O₂ and 90%N₂. Tubers were stored under 5 and 15°C, for 9 days. The evaluated antioxidants treatments were citric acid (2%), eritrorbic acid (3%), citric acid (2%) + eritrorbic acid (3%), in passive modified atmosphere, and citric acid (3%) + eritrorbic acid (5%) in atmosphere with 10% CO₂, 2%O₂ and 88% N₂. The evaluation of CO₂ evolution in intact and fresh cut potatoes stored the 5 and 15°C, carried out by means of gaseous chromatography, revealed that minimal processing increased potato metabolism, being the temperature of 5°C the most recommended to control this process. Potatoes stored under this temperature presented better quality in respect to the maintenance of physical and chemical characteristics during storage. Through sensorial analysis it was verified that the instrumental analyses of firmness and browning were satisfactory in the prediction of its sensory judgments. The application of partial vacuum was not capable to keep quality attributes of product; other types of atmospheres were evaluated. 'Ágata' cultivar was selected by its rounded and regular shape, by its lower susceptibility to browning compared to 'Monalisa' and by its higher availability in the market. The development of fast and very intense browning was observed in fresh cut potatoes packed under active modified atmosphere, making unfeasible its application to 'Agata' potatoes without any other

treatment. The association of antioxidants treatments to passive and active modified atmospheres were also evaluated. The antioxidants application in combined with passive modified atmosphere was not efficient in the control of browning, given the occurrence of gradual browning in some tubers of all treatments, starting at the third day of storage. Antioxidants in association with active modified atmosphere were efficient in the control of browning and maintenance of firmness and other quality attributes of fresh cut potatoes. For this last treatment, sensory analysis revealed good acceptance both for the packed or cooked form with a shelf life of nine days, which is considered enough for commercialization and distribution chain.

KEYWORDS: potatoes, minimal processing, storage temperatures, modified atmospheres, antioxidants.

INTRODUÇÃO

INTRODUÇÃO

Frutas e hortaliças são importantes fontes de nutrientes para a dieta humana, fornecendo principalmente vitaminas, minerais e fibras. A preocupação com a saúde e a consciência de que uma boa alimentação é fator importante para sua promoção e manutenção têm incrementado o consumo desses alimentos.

O consumo de produtos minimamente processados vem crescendo rapidamente de importância, tanto nos lares, quanto em restaurantes. Visando principalmente à conveniência dos consumidores, hortaliças e frutas são preparadas e manuseadas com o fim de oferecer um produto fresco e saudável (Moretti & Sargent, 2002).

A participação crescente das mulheres no mercado de trabalho, a diminuição do tamanho das famílias, o aumento do número de pessoas morando sozinhas e maior preocupação com a saúde resultam em um consumidor mais consciente e exigente. Além disso, à medida que aumenta a renda *per capita* e o país se desenvolve, ocorrem mudanças nos hábitos alimentares, cuja tendência é para produtos mais frescos e prontos para o consumo. Esta alteração de comportamento e as novas necessidades das populações provocam importante mudança no foco do agronegócio. Nesse contexto, os alimentos minimamente processados podem atender a essas novas demandas com produtos frescos, saudáveis e práticos ao mesmo tempo (Silva *et al.*, 2002).

Segundo a *International Fresh-Cut Produce Association* (IFPA, 1999), produtos minimamente processados podem ser definidos como frutas ou hortaliças, ou suas combinações, que tenham sido fisicamente alteradas, mas que permaneçam no estado fresco. O processamento mínimo compreende as operações de seleção, classificação, pré-lavagem, corte ou fatiamento, sanitização, enxágüe, centrifugação, embalagem e refrigeração. Os produtos resultantes atendem aos mais diversos segmentos de mercado: cozinhas industriais, institucionais, empresas de refeições rápidas e *catering*. No mercado varejista já se fazem presentes em cerca de 92% dos hipermercados

do estado de São Paulo, o que revela o importante potencial de expansão do segmento (Rojo & Saabor,2002).

A indústria de frutas e hortaliças minimamente processadas movimentou, nos Estados Unidos da América, cerca de 5,8 bilhões de dólares em 1994 e 10 bilhões em 1998 - aproximadamente 10% da sua produção de vegetais frescos - e estima-se um valor de 20 bilhões para 2005 (Cantwell, 2000). Na França, apenas o setor de supermercados movimentou 150 milhões de dólares em 1994. Embora não existam dados estatísticos definitivos, alguns economistas estimam que as vendas de vegetais minimamente processados, em 1994, representaram de 8 a 10% do mercado mundial de frutos e hortaliças frescos, esperando-se para o ano de 2005 um incremento para mais de 25% (Cenci, 2000).

Rojo & Saabor (2002) relataram pesquisa feita pelo Ministério da Integração Nacional, nas redes de supermercados brasileiras, indicando comercialização mensal de cerca de 1.178 toneladas de frutas e hortaliças minimamente processadas em 2001, correspondendo a aproximadamente 3,9 milhões de dólares. Mostraram, ainda, que 86% dos consumidores destes produtos são do sexo feminino, 44% têm escolaridade preponderante de segundo grau e superior, com renda familiar média de 2.112 reais, por mês, e 24% superior à renda dos que consomem os mesmos produtos sem processamento, além de se dedicarem menos à atividade doméstica (Tabela 1).

Tabela 1. Comparação dos consumidores de frutas e hortaliças *in natura* e vegetais minimamente processados.

Características	Unidade	<i>In natura</i>	MP
Sexo Feminino	%	84	86
Idade Média	Anos	41	39
Segundo e Terceiro graus completos	%	38	44
Renda familiar	S.M.	13	16
Atividade doméstica	%	42	33

Fonte: Pesquisa de mercado de frutas e hortaliças junto ao setor supermercadista do Estado de São Paulo. MI - junho/agosto 1998.

O expressivo crescimento do segmento de refeições coletivas, superior a 150% na última década (Moretti & Sargent, 2002), contribuiu para a maior utilização de hortaliças minimamente processadas no Brasil (Moretti & Sargent, 2002; Moretti *et al.*, 2003; Moretti, 2001 a,b).

Silva *et al.* (2002) afirmam que as principais vantagens das hortaliças minimamente processadas para as cozinhas institucionais são o menor custo final da produção, a padronização do produto, o menor número de etapas de manipulação e a menor geração de resíduos dentro da cozinha.

O preço de venda dos produtos minimamente processados, superior em relação ao do produto *in natura*, embute custos que a cozinha industrial não terá, como os de estocagem, mão-de-obra, lixo, perdas, desperdício e manutenção. A questão do espaço físico ocupado é também um aspecto positivo dos produtos minimamente processados. Estabelecimentos pequenos, como as cadeias de refeições rápidas, podem otimizar o espaço de produção em favor da área de atendimento ao cliente, graças à conveniência e praticidade oferecidas pelo processamento mínimo. Outra vantagem é a redução dos custos de transporte em até 50%, uma vez que as partes que não são comercializadas (talos, cascas, sementes) não são transportadas (Bolin *et al.*, 1977). Além disso, as hortaliças minimamente processadas podem estimular o aumento do consumo de produtos frescos em função de sua praticidade e comodidade.

Por envolver conhecimentos multidisciplinares ainda não totalmente dominados, observa-se que o processamento mínimo realizado no país é, na maioria das vezes, fruto do empirismo. Entretanto, ainda que o processo seja precário, a maioria das agroindústrias que atua nesse segmento tem alcançado relativo sucesso, pois a demanda é elevada (Moretti, 2003).

A agregação de valor oferecida pelo processamento mínimo torna os preços até 44 vezes mais altos do que os dos mesmos produtos comercializados *in natura* (Tabela 2). Junto com esse fator, problemas na escala de produção impedem oferta contínua e expansão mais significativa dos produtos minimamente processados.

Tabela 2. Valor médio de hortaliças *in natura*, minimamente processadas (MP) e média de agregação de valor.

Hortaliças	<i>in natura</i>¹ (R\$)	MP² (R\$)	Média Agregação
Abóbora	0,50	6,60	13,2
Abobrinha	0,40	6,60	16,5
Beterraba	0,60	6,60	11,0
Brócolis	1,00	6,60	6,6
Cenoura	0,35	6,60	18,8
Chuchu	0,15	6,60	44,0
Couve-Flor	0,50	6,60	13,2
Mandioca	0,23	6,60	28,7
Pimentão	0,80	6,60	8,3
Repolho	0,30	6,60	22,0
Vagem	0,85	6,60	7,8
Média	0,52	6,60	17,3

¹ produtos de primeira qualidade, ou seja, os mais caros na cotação da CEASA.

² valor médio por quilograma, pago aos fornecedores.

Adaptado de Rojo e Saabor (2002).

Segundo Moretti (2003), a inadequação da tecnologia de processamento, para diversas espécies e variedades, torna a vida útil desses produtos muito curta, acarretando problemas de distribuição e comercialização. Para solucionar esse problema, este autor aponta a necessidade de se estudar a variedade de cada vegetal mais adequada para o processamento mínimo, o uso de embalagens com atmosferas modificadas, o uso de antioxidantes e de analisar os efeitos fisiológicos e qualitativos causados por esse processo, principalmente os relacionados ao aumento da taxa respiratória, da produção de etileno, da atividade enzimática e de microorganismos, os quais reduzem a vida útil e modificam os atributos sensoriais e nutricionais importantes para o

mercado consumidor. A redução de perdas na distribuição e comercialização também deverá contribuir para o menor preço do produto, tornando-o acessível a outras camadas sociais.

Enquanto a maioria das tecnologias para processamento de alimentos é desenvolvida com vistas à extensão da vida de prateleira dos produtos perecíveis, o processamento mínimo abrevia a conservação de frutas e hortaliças (Moretti *et al.*, 2003). Em função de as diversas etapas do processamento mínimo dessas hortaliças envolverem injúrias mecânicas de corte, abrasão, compressão e vibração, o metabolismo desses produtos minimamente processados é bastante similar àquele de frutas e hortaliças submetidas a diferentes estresses mecânicos (Brecht, 1995). Tais estresses contribuem, de maneira decisiva, para a redução da vida de prateleira dos produtos (Cantwell, 1992), além de modificarem atributos sensoriais em função de alterações em diversos processos degradativos associados à senescência dos tecidos (Wiley, 1994). Dentre as diferentes alterações, observa-se o aumento da taxa respiratória e da síntese de etileno (Brecht, 1995, Moretti *et al.*, 1998; 2000; 2002a), a perda de água (Calma *et al.*, 1984), as alterações no sabor e aroma (Moretti & Sargent, 2000), nos compostos voláteis (Moretti *et al.*, 2002b) e o aumento da atividade de enzimas relacionadas com escurecimento enzimático, como a fenilalanina amônia-liase (Ke & Saltveit, 1989), a polifenoloxidase (Bower & Van Lelyveld, 1985; Nicoli *et al.*, 1994), e a peroxidase, bem como a lignificação da parede celular e a degradação microbiológica (Ahvenainen, 1996; Brecht, 1995; Kim *et al.*, 1994; Nicoli *et al.*, 1994 & Rolle & Chrism, 1987).

Muitos fatores afetam a intensidade da resposta fisiológica ao processamento mínimo, dentre os quais citam-se a espécie e a variedade, o estágio de maturidade fisiológica, a extensão dos danos mecânicos, a temperatura, o déficit de pressão de vapor d'água e as concentrações de O₂ e CO₂ no meio (Brecht, 1995). Os aumentos da atividade respiratória e da evolução de etileno são efeitos fisiológicos e bioquímicos, estimulados pelo processamento mínimo, e que estão inversamente relacionados com a vida de prateleira do produto (Watada *et al.*, 1990). A degradação das membranas, o escurecimento enzimático, a cicatrização da superfície cortada, os metabólitos

secundários e a perda de água e vitaminas também são de grande importância (Cantwel, 1992; Brecht, 1995).

Durante o processamento mínimo, ocorre a destruição mecânica de parte do sistema de membranas na superfície cortada (Rolle & Chrism, 1987), ocorrendo posteriormente uma degradação enzimática mais extensa (Watada *et al.*, 1990; Brecht, 1995). Em tecidos vegetais com membranas danificadas mecanicamente, a descompartimentalização celular proporciona maior contato entre os sistemas geradores de etileno (Watada *et al.*, 1990) e, também, incremento na síntese e na atividade da ACC sintase, o que culmina no acúmulo, nesses tecidos, do ácido 1-carboxílico-1-aminociclopropano (ACC), precursor imediato do etileno (Hyodo, 1991). Na presença de O₂ – mais disponível nas células danificadas – o ACC pode ser rapidamente oxidado a etileno, em reação catalisada pela enzima ACC oxidase (Abeles *et al.*, 1992). O etileno produzido nesses tecidos acelera a degradação das membranas, aumentando sua permeabilidade e reduzindo a biossíntese de fosfolípidos (Brecht, 1995). Por outro lado, as reações enzimáticas catalisadas pelas acil-hidrolases e fosfolipase - D produzem ácidos graxos livres, os quais são tóxicos para a maioria dos processos celulares, podendo causar a morte celular por meio da inativação de proteínas. A lipoxigenase catalisa a peroxidação de certos ácidos graxos para formar hidroperóxidos conjugados, gerando radicais livres que podem atacar membranas intactas e, conseqüentemente, causar maior destruição do sistema de membranas (Brecht, 1995).

O escurecimento enzimático ocorre em tecidos cortados como resultado da descompartimentalização de substratos e oxidases e, concomitantemente, com a maior exposição ao oxigênio, ocorre também a indução de algumas enzimas envolvidas nas reações de escurecimento (Rolle & Chrism, 1987). O processo de injúria e o aumento na evolução do etileno induzem a atividade da fenil alanina amônia liase (FAL), que catalisa a biossíntese de fenilpropanóides. 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 POD (Brecht, 1995). Em estudos conduzidos com alface minimamente processada, verificou-se que o etileno intensificou o escurecimento oxidativo,

por meio da indução da FAL e da PPO. Nesse caso, o escurecimento iniciou-se entre os dias três e quatro após o processamento e depreciou a qualidade visual da alface, armazenada a 2,5°C por seis a dez dias (Couture *et al.*, 1993).

De acordo com Moretti (2003), a conservação dos produtos processados está relacionada com diversos fatores, como a qualidade da matéria prima, as etapas e condições do processamento, adequação das embalagens e a cadeia de distribuição do produto. As embalagens exercem um papel fundamental na manutenção da qualidade final do produto minimamente processado. Dentre os vários parâmetros requeridos para os filmes usados no acondicionamento em atmosfera modificada, ativa e passiva, para produtos minimamente processados, citam-se a alta relação entre a permeabilidade ao O₂ e CO₂, o que permite decréscimo na concentração de oxigênio sem excessivo acúmulo de gás carbônico no interior da embalagem, com a finalidade de reduzir as taxas metabólicas dos tecidos injuriados. Enquanto a maioria dos produtos hortícolas suporta concentrações de oxigênio entre 2 e 5% no ambiente de armazenamento, sem perda de qualidade, a quantidade de gás carbônico não deve variar além da faixa de 2 e 5%. Danos fisiológicos em alface, kiwi, repolho, banana e cenoura podem ocorrer se a concentração de CO₂ exceder a faixa de 2-6%. Cenoura embalada em atmosfera ativa de 5% O₂, 3% CO₂ e 92%N₂ apresentou boa qualidade após 15 dias de estocagem a 4,4°C, quando acondicionada em filme com permeabilidade a oxigênio de 3.797 cm³/m². dia e a vapor de água de 17,1 g/m². dia (Wiley, 1994). Alho minimamente processado e embalado em bandejas envoltas em filmes de polivinil cloreto apresentou vida de prateleira de 15 dias sob refrigeração (Geraldine, 2000). Couve minimamente processada embalada em atmosfera com 3%O₂, 4% CO₂ e 93% N₂ apresentou manutenção da qualidade por 6 dias de armazenamento a 5°C (Moretti *et al.*, 2003).

Os diversos processos metabólicos conduzem, na maioria das vezes, a alterações sensoriais importantes. Produtos minimamente processados de alta qualidade devem possuir aparência fresca e consistente, textura aceitável, sabor e aroma característicos, além de vida de prateleira suficiente para que o produto sobreviva ao sistema de distribuição (Moretti, 2004). É importante também que as indústrias de processamento mínimo busquem identificar e

atender aos anseios dos consumidores em relação a seus produtos, pois só assim sobreviverão num mercado cada vez mais competitivo. A análise sensorial tem-se mostrado uma importante ferramenta nesse processo, com o uso de Testes Afetivos e Descritivos. O Teste Afetivo revela a aceitação, indiferença ou rejeição que os consumidores têm do produto, enquanto a Análise Descritiva Quantitativa fornece informações mais técnicas a partir de julgadores treinados, ao detectar e quantificar atributos específicos. A associação desses dois conjuntos de informações permite identificar quais características do produto devem ser melhoradas para maior aceitação no mercado. Os resultados de Testes Afetivos (testes com consumidores) vêm, tradicionalmente, sendo avaliados por análise de variância univariada (ANOVA) e testes de comparação de médias de aceitação entre produtos (Stone & Sidel, 1992).

Outro ponto, não menos importante, diz respeito à inegável evidência de que o consumo regular de frutas e hortaliças tem prolongado efeito benéfico na saúde dos indivíduos e pode reduzir o risco de ocorrência de câncer e outras doenças crônicas não-transmissíveis, como as coronarianas. As hortaliças possuem em sua constituição uma variedade considerável de fitoquímicos como polifenóis, vitaminas C e E, beta-caroteno e outros carotenóides, citados na literatura como compostos bioativos, tendo características antimutagênicas e inibidoras de diferentes tipos de câncer induzidos quimicamente. A maioria destes compostos é sabidamente inibidora de danos às células e ao DNA causados por formas reativas de oxigênio e outros radicais livres, o que pode, em última análise, levar ao aparecimento de doenças degenerativas. Sendo assim, processos que possibilitem a retenção máxima da bioatividade destes compostos devem ser considerados em todas as etapas do processamento mínimo, desde o corte da matéria-prima até à escolha da embalagem e das condições de armazenamento (Elliott, 1999).

O controle estrito de temperatura, associado à utilização criteriosa de embalagens e de tecnologia de modificação de atmosfera é método eficaz para o controle de processos metabólicos descritos anteriormente e que contribuem para a preservação da qualidade final do produto. Todavia, verifica-se que a temperatura ideal de manuseio, armazenamento e comercialização de

hortaliças minimamente processadas não é, na maioria das vezes, respeitada. Em uma série de estudos realizados no Distrito Federal, Nascimento *et al.* (2003) verificaram a temperatura de comercialização em 8 equipamentos de varejo, sendo 4 super e 4 hipermercados. Esses pesquisadores observaram que, em média, a temperatura de comercialização de 6 diferentes tipos de hortaliças minimamente processadas estava sempre acima de 10 °C, o dobro do valor recomendado. Além de reduzir a vida de prateleira do produto, a comercialização em temperaturas elevadas possibilita o desenvolvimento de microrganismos patogênicos ao ser humano, o que torna tal produto uma ameaça potencial à saúde pública (Moretti, 2003).

A batata (*Solanum tuberosum* L.) destaca-se como hortaliça de maior importância para a economia nacional, com faturamento superior a 1,4 bilhão de reais em 2003 (IBGE, 2002). Atualmente pode ser encontrada nos mais diferentes pratos das cozinhas nacional e internacional. Sua importância mundial como alimento deve-se basicamente às suas características nutricionais, à sua versatilidade culinária e acessibilidade, servindo como alimento para todas as classes socioeconômicas.

Quarto alimento mais consumido no mundo, após o arroz, o trigo e o milho, compõe a base alimentar de vários países, nos quais praticamente não se conhecem deficiências nutricionais. Nos países europeus, cerca de 6 % da energia calórica, 5 % das proteínas, 8 % do ferro, 9 % da riboflavina e 34 % do ácido ascórbico são provenientes da batata (FAO, 2001).

Subsiste um largo espaço para agregação de valor à produção brasileira de batatas. Em nível nacional a industrialização desta hortaliça é ainda incipiente, apesar da incontestável importância da cadeia da batata para o agronegócio brasileiro, dando margem a um grande volume de importações do produto processado.

O processamento mínimo de batatas revela-se uma alternativa bastante interessante para produtores e consumidores. Pesquisa realizada pela *Associação Brasileira da Batata* (ABBA, 2000), com 302 consumidores, revelou que 82 % preferem batatas frescas, que incluem batatas minimamente processadas, a batatas pré-fritas congeladas. A preocupação com a saúde e a

consciência de que uma boa alimentação é fator importante para sua manutenção têm impulsionado o consumo desse produto, que não sofre adição de lipídios como as batatas pré-fritas.

No Brasil, a comercialização de batatas minimamente processadas ainda é inexpressiva. Entretanto, a tendência é de expansão do segmento, considerando-se o consumo *per capita* de batata no país, de 14,3 kg por ano (FAO, 2001), a sua importância na dieta brasileira e a comodidade e o frescor oferecidos pelo processamento mínimo. Além disso, a implantação de unidades de processamento mínimo de batatas para fritura ou para cocção apresenta menor custo, quando comparado com o de unidades agroindustriais para produção de batatas pré-fritas congeladas (Berbari *et al.*, 2002).

Adicionalmente, o processamento mínimo de batatas é uma alternativa de renda e de diminuição de perdas, pois oferece a possibilidade de se agregar valor às classes de produtos que apresentem inadequações nos atributos de qualidade desejados pelo consumidor, como é o caso das batatas classificadas como “primeirinhas” e “diversas”. Entende-se por “primeirinhas” as batatas que passaram pela peneira de 45 mm, mas foram retidas pela peneira de 38 mm, e que foram selecionadas positivamente quanto à qualidade e a aparência; “diversas” são as batatas retidas pelas peneiras de 45 mm e de 38 mm que apresentaram um ou mais defeitos, tais como rachaduras, pequenas lesões da periderme, crescimento secundário ou outros distúrbios, que não são aceitos pelo consumidor, mas que não comprometem a qualidade do tubérculo para fins culinários ou industriais. Entre 20 a 50 % dos tubérculos colhidos pertencem a estas classificações e são comercializados a um preço 40 a 50 % inferior ao da classificação “extras”, mais aceita pelo consumidor. Como alternativa, batatas “diversas” e “primeirinhas” são vendidas com deságio a cozinhas industriais e unidades de processamento. Agregar valor a estes materiais significa reduzir desperdícios, dar uma alternativa rentável aos produtores para a produção de batatas fora do padrão de consumo *in natura*, gerar empregos e oferecer um produto saudável e prático ao consumidor (Moretti, 2003).

A Política Nacional de Alimentação e Nutrição – PNAN (1999) contempla, em sua 1ª. diretriz programática, o estímulo às ações intersetoriais

com vistas ao acesso universal aos alimentos, consistindo, entre outros pontos, em acesso ao trabalho, ao emprego e à renda; à produção, ao armazenamento e à distribuição dos produtos agrícolas; ao crédito agrícola e ao estímulo ao produtor. Por esta razão, e sendo o processamento mínimo uma tecnologia de fácil acesso e com capacidade de valorizar produtos hortícolas, em grande parte de domínio de pequenos e médios produtores, verifica-se neste trabalho uma possibilidade de contribuição a esta importante política, que visa à segurança alimentar em todos os seus aspectos.

O objetivo geral deste trabalho foi caracterizar química, física, sensorial e nutricionalmente batatas minimamente processadas, utilizando-se as principais cultivares nacionais.

Os objetivos específicos deste trabalho foram a avaliação de temperaturas de armazenamento, de diferenças varietais, da aplicação de atmosferas modificadas e de antioxidantes em importantes características físicas, químicas, sensoriais e nutricionais de batatas da classificação “primeirinha” minimamente processadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ABELES, F.B.; MORGAN, P.W.; SALTVEIT JUNIOR., M.E. Ethylene in plant biology. California: Academic Press, 1992. 414 p.

AHVENAINEN, R. New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. *Trends Food Sci. Tech.*, v.7, p.179-187, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA BATATA, 2000. Batata – Histórico. Disponível em: <www.abbabatatabrasileira.com.br/historia.htm>. Acesso em 27 jul. 2004.

BERBARI, S.A.G., AGUIRRE, J.M. *et al.* Alternativas para o aproveitamento de Batata. *Batata Show*, v.2, n. 04, 2002.

BOLIN, H.R.; STAFFORD, A.D.; KING JR., A.D.; HUXSOLL, C.C. Factors affecting the storage stability of shredded lettuce. *Journal Food Science*, v.42, n.5, p. 1319-1321, 1977.

BOWER, J.P.; VAN LELYVELD, L.J. The effects of stress history and container ventilation on avocado fruits polyphenol oxidase activity. *Journal of Horticultural Science*, v.60, p.545-547, 1985.

BRASIL. Programa Nacional de Alimentação e Nutrição (PNAN). 1ed. Ministério da Saúde, Brasília, 1999.

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

CANTWEL, M., Postharvest handling systems: minimally processed fruits and vegetables. In: KADER, A.A. (Ed). Postharvest technology of horticultural crops. 2ed University of California, Division of horticultural and natural resources, Davis, Publ., p. 273-281. 1992.

CANTWELL, M. Preparation and Quality of Fresh Cut Produce. In: ENCONTRO NACIONAL DE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2, Viçosa, 2000. Palestras, Viçosa: UFV, 2000. p.110

CENCI, S.A., Pesquisa em Processamento Mínimo de Hortaliças no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2, Viçosa, 2000. Palestras, Viçosa: UFV, 2000. p.110.

CHUMA, Y.; MURATA, S.; IWAMOTO, M. et al. Donner strawberry transportation in refrigerated truck for 700 kilometers. *Annals of Agricultural Engineering Society*, v.45, p.292-297, 1984.

COUTURE, R., CANTWELL, M.I., KE, D., SALTVEIT, J.R. Physiological attributes related to quality attributes and storage life of minimally processed lettuce. *HortScience*, v.28, n.7, p.723-725, 1993.

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

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Statistical Databases. Food Suplly 2001 Disponível em:

<<http://faostat.fao.org/faostat/collections?version=ext&hasbulk=0&subset=nutrition>> Acesso em 28 jul. 04.

GERALDINE, R.M. Parâmetros tecnológicos para o processamento mínimo de alho (*Allium sativum* L.). Viçosa, UFV, 2000. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Viçosa, 2000.

HYODO, H. Stress wound ethylene. In: MATTOO, A.K., SUTTLE, J.C. (Eds.). The plant hormone ethylene. Boca Raton, Florida: CRC Press, 1991. p. 43-64.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sistema IBGE de Recuperação Automática. Produção Agrícola Municipal 2002. Disponível em: <www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo2.asp?e=v&p=pa&z=t&o=11>. Acesso em 16 jun. 2004.

IFPA. INTERNATIONAL FRESH CUT PRODUCE ASSOCIATION. Fresh-cut produce handling guidelines. 3. ed. Produce Marketing, 1999. 39 p.

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

KIM, D.M., SMITH, N.L., LEE, Y.C. Quality of minimally processed apple slices from selected cultivars. *J. Food Science*, v. 58, n. 5, p. 1115-1117, 1994.

MORETTI, C.L. Panorama do processamento mínimo de hortaliças. In: ENCONTRO NACIONAL DE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 3, Viçosa, 2004. Palestras, Viçosa: UFV,2004. 242p.

MORETTI, C.L.; ARAÚJO, A.L.; MATTOS, L.M. Evaluation of different oxygen, carbon dioxide and nitrogen combinations employed to extend shelf life of fresh-cut collard greens. *Horticultura Brasileira*, v. 21, p. 678-682, 2003.

MORETTI, C.L.; SARGENT, S.A. Fresh-cut growth in Brazil. *Fresh-cut Magazine*, v.10, p.24-29, 2002.

MORETTI, C.L.; MOROUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C. Respiratory activity and browning of minimally processed sweet potatoes. *Horticultura Brasileira*, v.20, p.497-500, 2002a.

MORETTI, C.L.; BALDWIN, E.; SARGENT, S.A. et al. Internal bruising alters aroma volatile profiles in tomato fruit tissues. *Hortscience*, v.37, p.378-382, 2002b.

MORETTI, C.L. Processamento mínimo de hortaliças: Tendências e desafios. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 19. Suplemento Palestras, julho 2001a.

MORETTI, C.L. Processamento Mínimo de Hortaliças: alternativa viável para a agregação de valor ao agronegócio brasileiro. *Horticultura Brasileira*, v.19, n.2, p.172, 2001b.

MORETTI, C. L., SILVA, W. L., ARAUJO, A. L. Quality attributes and carbon dioxide evolution of bell peppers as affected by minimal processing and storage temperature. Proceedings of The Florida State Horticultural Society. Orlando, Florida, EUA: , v.113, n.1, p.156 - 159, 2000.

MORETTI, C.L.; SARGENT, S.A. Alteração de aroma e sabor em frutos de tomate com desordem fisiológica causada por impacto. *Scientia Agrícola*, v. 57, p.385-388, 2000.

MORETTI, C.L.; SARGENT, S. A.; HUBER, D.J. et al. Chemical composition and physical properties of pericarp, locule and placental tissues of tomatoes with internal bruising. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v.123, p.656-660, 1998.

NASCIMENTO, E.F.; MORETTI, C.L.; ZUCHETTO, M.C.; MATTOS, L.M. Avaliação da temperatura de comercialização de hortaliças minimamente processadas no mercado varejista do Distrito Federal. In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 43, 2003, Recife. Anais...Recife: SOB, 2003. CD-ROM.

NICOLI, M.C., ANESE, M., SEVERINI, C. Combined effects in preventing enzymatic browning reactions in minimally processed fruit. *J. Food Quality*, v. 17, p. 221-229, 1994.

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

ROLLE, R., CHRISM, G.W., Physiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. *J. Food Quality*, v.43, p.274-276. 1987.

SILVA, E.O.; CARNELOSSI, M.O.G.; SOARES, N.F.F.; VANETTI, M.C.D, PUSCHMANN, R. Como montar uma Agroindústria de Processamento Mínimo de Vegetais, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002, 70p.

STONE, H.; SIDEL, J.L. Sensory Evaluation Practices. 2 ed., San Diego, Academic Press, 1992, 338p.

WATADA, A.E., ABE, K., YAMUCHI, N. Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. *Food Technology*, v.44, p.116-122, 1990.

WILEY, R.C. Minimally processed refrigerated fruits and vegetables. New York, Chapman & Hall, 368 p. 1994.

CAPÍTULO 1.

REVISÃO DE LITERATURA GERAL

PROCESSAMENTO MÍNIMO DE BATATAS¹

PROCESSAMENTO MÍNIMO DE BATATAS

RESUMO

Produtos minimamente processados são definidos como frutas ou hortaliças, ou combinação destas, que tenham sido fisicamente alteradas, mas que permaneçam no estado fresco. O processamento mínimo compreende as operações de seleção, classificação, pré-lavagem, corte ou fatiamento, sanitização, enxágüe, centrifugação, embalagem e refrigeração, visando à manutenção do produto fresco, saudável e, na maioria das vezes, pronto para consumo. O alto consumo de batatas em escala mundial demanda o desenvolvimento de tecnologia para processamento mínimo deste tubérculo visando à praticidade e conveniência em suas diferentes utilizações culinárias. Para desenvolvimento de um produto de qualidade alguns fatores fisiológicos devem ser estudados, dentre eles, o escurecimento enzimático e alterações em alguns componentes nutricionalmente relevantes. O objetivo deste trabalho foi avaliar as alterações fisiológicas e nutricionais associadas à produção de batatas minimamente processadas.

Palavras-chave: batata, processamento mínimo, alterações fisiológicas e nutricionais.

¹ A ser publicado na forma de capítulo do livro "Processamento Mínimo de Hortaliças", editado pela Embrapa Hortaliças.

ABSTRACT

Fresh-cut products are defined as any fresh fruit or vegetable, or combination, that have been physically altered from its original form, but remaining in a fresh state. Minimally processing consists of operations such as grading, classification, cutting or slicing, sanitization, washing, centrifugation, packaging and refrigeration, in order to keep freshness, nutritious quality, and safety to offer to consumers a ready-to-eat product. The high consume of potatoes in the world demands the development of technology for fresh-cut potatoes produce aiming at practicality and convenience for different culinary preparations. For obtaining a product high in quality, some physiological factors must be studied, including enzymatic browning and changes in nutritionally relevant components. The objective of this work was to propose a technology for fresh-cut potatoes produce and to evaluate physiological and nutritional changes related to its procedures.

Keywords: potato, minimal processing, physiological and nutritional changes.

1.INTRODUÇÃO

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é um tubérculo originário da região andina do continente sul-americano (Horton, 1987), levada à Europa pelos espanhóis no século XVI. Por suas qualidades nutritivas e por adaptar-se facilmente aos vários tipos de clima, em pouco tempo seu consumo generalizou-se em todo o mundo. Atualmente é encontrada nos mais diferentes pratos da cozinha internacional. A importância da batata como alimento deve-se às suas características nutricionais, sua versatilidade culinária e acessibilidade, servindo como alimento para todas as classes econômicas.

Quarto alimento mais consumido no mundo, após o arroz, o trigo e o milho, compõe a base alimentar de vários países, nos quais praticamente não se conhecem deficiências nutricionais. Nos países europeus, cerca de 6% da energia calórica, 5% das proteínas, 8% do ferro, 9% da riboflavina e 34% do ácido ascórbico, são provenientes da batata (Pereira,1987).

Nos Estados Unidos da América, o consumo *per capita* é superior ao dos cereais, das frutas e demais hortaliças, inferior apenas ao consumo de aves e de ovos e contribui com cerca de 2% das necessidades protéicas da população. Nutricionistas da FAO, citados pela ABBA (2004), afirmam que uma dieta composta de batata e leite poderia suprir, em caráter de emergência, todos os nutrientes de que o organismo humano precisa para se manter.

A batata é uma das culturas que apresenta maior produção de energia e de proteína por hectare por dia. Contém, em média, 2,1% de proteína total, que significa cerca de 10,4% do peso seco do tubérculo. Isto pode ser considerado excelente, levando-se em conta que o trigo e o arroz apresentam valores de 13 e 7,5%, respectivamente. Considerando-se as produções e teores de proteína de cada cultura, as batatas podem render cerca de 300kg de proteína por hectare, o trigo 200kg e o arroz 168kg (Pereira, 1987). Anualmente são produzidos mais de 300 milhões de toneladas (19 milhões de hectares), área similar à da soja.

A cultura da batata apresentou, no Brasil, nos últimos dez anos, grande aumento de produtividade, percebido por meio do decréscimo de 9% da área

cultivada, com aumento de 8% da produção (Godoy, 2001). Está entre os dez principais produtos agrícolas brasileiros, sendo a hortaliça mais importante para a economia nacional, com faturamento superior a 1,4 bilhão de reais para os produtores (IBGE, 2002) e empregando mais de 300 mil pessoas. Anualmente, mais de 2,8 milhões de toneladas em aproximadamente 140 mil hectares são produzidos nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Mato Grosso, Minas Gerais, Goiás e Bahia (ABBA, 2004; IBGE, 2002; FAO, 2001).

Apesar da incontestável importância da cadeia da batata para o agronegócio brasileiro, a industrialização dessa hortaliça é ainda incipiente em nível nacional, dando margem a um grande volume de importações do produto processado. De acordo com Berbari *et al.* (2002), o volume de batatas processadas no Brasil está longe dos padrões de países como os Estados Unidos. Enquanto apenas 3 a 5% dos produtores brasileiros entregam seu produto às indústrias, os norte-americanos processam 2/3 de sua produção, estimada em 23 milhões de toneladas, o que corresponde a aproximadamente 10 vezes a produção brasileira. Batatas chips e palha são produzidas em escala pouco expressiva. Segundo Zerio *et al.* (2003), a produção interna brasileira de batatas pré-fritas congeladas é baixa e representa 10% das agroindústrias nacionais de batata. De acordo com a ABBA (2004), cerca de 100 mil toneladas desse tipo de batatas são importadas anualmente, sendo os principais fornecedores a Argentina, a União Européia e a América do Norte, em embalagens de 500g, 1kg e 5kg (Berbari *et al.*, 2002). O dado evidencia a existência de grande demanda interna, varejista e institucional, que poderia ser atendida por produtos nacionais, congelados e minimamente processados. Neste contexto, o processamento mínimo revela-se uma atividade promissora.

Define-se produto minimamente processado como frutas ou hortaliças, ou combinação destas, que tenham sido fisicamente alteradas, mas que permaneçam no estado fresco (IFPA, 1999). O processamento mínimo compreende as operações de seleção, classificação, pré-lavagem, corte ou fatiamento, sanitização, enxágüe, centrifugação, embalagem e refrigeração, visando à manutenção do produto fresco, saudável, seguro e, na maioria das vezes, pronto para consumo. Uma pesquisa realizada pela ABBA (2000), com

302 consumidores, revelou que 82% preferem batatas frescas, que incluem batatas minimamente processadas, a batatas pré-fritas congeladas. A preocupação com a saúde e a consciência de que uma boa alimentação é fator importante para sua manutenção têm impulsionado o consumo desses produtos, que não sofrem adição de lipídios, como as batatas pré-fritas.

No Brasil, a comercialização de batatas minimamente processadas ainda é inexpressiva. Entretanto, a tendência é de expansão do segmento, considerando-se o consumo *per capita* de batata no país, de 14,3 kg por ano (FAO, 2001), a sua importância na dieta brasileira e a comodidade e o frescor oferecidos pelo processamento mínimo. Além disso, a implantação de unidades de processamento mínimo de batatas para fritura ou para cocção apresenta menor custo, quando comparada à de unidades agroindustriais para produção de batatas pré-fritas congeladas (Berbari *et al.*, 2002).

Segundo Reno (2000), batatas minimamente processadas são extremamente populares na Europa e a maioria dos supermercados comercializa o produto diariamente. Os produtos incluem batatas inteiras e descascadas, fatiadas e na forma arredondada. Os restaurantes são os grandes usuários do formato *chateau*. “*Pommes Parisienne*”, um tipo especial de batata cortada de forma redonda, assim como outros tipos de batatas minimamente processadas, foi introduzido nos Estados Unidos e Canadá, a partir de 2000, com resultados bastante favoráveis.

Nos setores de refeições coletivas identifica-se uma demanda por batatas minimamente processadas, pois a praticidade desse produto implica menor custo final da produção, padronização, menor número de etapas de manipulação, menor geração de resíduos dentro das cozinhas e diminuição de custos com estocagem, mão-de-obra, lixo, perdas, desperdício e manutenção (Silva *et al.*, 2002).

As batatas minimamente processadas apresentam os atributos da conveniência e da qualidade do produto fresco. De acordo com Tudela *et al.* (2002), há um grande interesse no valor nutricional dos alimentos, com a finalidade de se compreender qual é a sua contribuição individual às necessidades diárias recomendadas e como o processamento e as tecnologias de conservação podem afetar seus nutrientes. Nesse contexto, os alimentos

minimamente processados encontram a preferência dos consumidores, por sofrerem menores alterações, em relação aos produtos processados.

Adicionalmente, o processamento mínimo de batatas oferece a possibilidade de se agregar valor a batatas de classificações que apresentam redução por qualquer inadequação nos atributos de qualidade desejados pelo consumidor, como o caso das batatas “primeirinha” e “diversas”. Entendem-se por “primeirinha” as batatas que passaram pela peneira de 45mm, mas foram retidas pela peneira de 38mm, e que foram selecionadas positivamente quanto à qualidade e a aparência. “Diversas” são as batatas retidas pelas peneiras de 45mm e de 38mm que apresentaram um ou mais defeitos, tais como rachaduras, pequenas lesões da periderme, crescimento secundário ou outros distúrbios, que não são aceitos pelo consumidor, mas que não comprometem a qualidade do tubérculo para fins culinários ou industriais. Cerca de 20 a 50% dos tubérculos colhidos pertencem a estas classificações e são comercializados a um preço 40 a 50% inferior ao da classificação “extra”, mais aceita pelo consumidor. Como alternativa, batatas “diversas” e “primeirinha” são vendidas a cozinhas industriais e unidades de processamento. Agregar valor a estes materiais significa reduzir desperdícios, dar uma alternativa de renda aos produtores através do aproveitamento de batatas fora do padrão de consumo *in natura*, gerar empregos e oferecer um produto saudável e prático ao consumidor (Moretti, 2003).

2. PRODUÇÃO DE BATATA MINIMAMENTE PROCESSADA

2.1.Cuidados com a matéria prima

Segundo Moretti (2000), o sucesso do produto minimamente processado depende da obtenção de matéria-prima de excelente qualidade. Assim sendo, devem ser tomados grandes cuidados durante a condução da cultura quanto à nutrição mineral, aos controles fitossanitários e ao manejo de água e solo, entre outros; a colheita deve ser feita no ponto ótimo de maturidade hortícola do produto, o que varia de acordo com condições climáticas, solo e cultivar.

A batata apresenta alta susceptibilidade a injúrias de impacto e abrasões, constituindo, a colheita, período crítico para a obtenção de matéria-prima de qualidade (Calbo, 2003). As batatas devem ser colhidas com as ramas já senescentes e prostradas, pois quando as folhas estão secas os tubérculos apresentam fortalecimento da periderme e grau de maturidade fisiológica adequado (Fontes & Finger, 2000). No Brasil, os produtores de batata adotam como prática a destruição da folhagem por processo químico após 90 dias, uma vez que, se a plantação completar o seu ciclo, de aproximadamente 120 dias, poderá ocorrer uma grande porcentagem de tubérculos muito grandes e com ocorrência de rachaduras. Por outro lado, a colheita muito precoce pode acarretar grande porcentagem de tubérculos com problemas de esfolamento (Filgueira, 2003).

Após o arranquio, os tubérculos permanecem no campo por cerca de 2 horas para secagem inicial e perda da água superficial. Em seguida, são beneficiados por meio de lavagem, escovação, secagem por ventilação, classificação por peneiras quanto ao tamanho e seleção, por mão-de-obra, na linha, quanto à qualidade (Calbo, 2003).

A cultivar e o tamanho mais adequado para processamento mínimo da batata dependem da forma e da finalidade do produto final a ser obtido.

Batatas minimamente processadas destinadas à fritura devem utilizar matéria-prima com teor de sólidos solúveis superior a 20% e teor de açúcares redutores menor que 3% (Berbari *et al.*,2002). Esses atributos resultam em batatas fritas mais crocantes, secas e com menor ocorrência de escurecimento não-enzimático durante o aquecimento. Por outro lado, o processamento

mínimo de batatas que se destinam à cocção não apresenta necessidades tecnológicas específicas, podendo-se utilizar qualquer cultivar para essa finalidade. Entretanto, os aspectos econômicos e de oferta ao longo do ano devem ser relevantes na escolha da matéria-prima. No Brasil, atualmente, predomina a cultivar 'Monalisa'. A cultivar 'Ágata' é considerada promissora, em função da sua tuberação precoce, uniformidade e boa aparência dos seus tubérculos, atributo muito exigido pelos consumidores, e já se apresenta como a variedade de mais rápido crescimento em importância na bataticultura brasileira, ocupando, hoje, a segunda posição em área e produção (Melo *et al.*, 2003). Áreas menores de plantio são destinadas a outras cultivares, entre as quais se destacam Bintje e Atlantic, com altos teores de sólidos, sendo destinadas à industrialização em forma de *chips*, palha e, em menor escala, batata pré-frita.

Quanto ao tamanho, é necessário avaliar-se o formato do produto final, para que as perdas durante o corte sejam menores. Na Europa, o processo de arredondamento da batata chama-se torneamento e é considerada uma tecnologia muito interessante, por dar aos produtores e processadores a possibilidade de agregar valor a batatas pequenas, que apresentam baixo valor de mercado (Reno, 2000). Essa estratégia também seria de grande utilidade para o produtor brasileiro.

Em trabalhos conduzidos na Embrapa Hortaliças (dados não publicados) foi avaliada a viabilidade da classificação primeirinha para o processamento mínimo na forma de mini-batatas para as duas principais cultivares nacionais, 'Ágata' e 'Monalisa'. O rendimento de produção para ambas as cultivares foi determinado entre 40 a 45%, tendo os menores valores sido encontrados nas épocas de maiores índices pluviométricos. A cultivar 'Ágata', por ser mais arredondada, origina um produto mais uniforme. Todavia, a presença de olhos mais fundos torna necessário um maior tempo no tambor de descasque, prejudicando ligeiramente o seu rendimento.

Para cortes em bastão ou palito, as batatas devem ser maiores e a cultivar deve ser idealmente mais alongada e ter forma regular, pois eventuais curvas ou depressões na superfície do tubérculo comprometem a padronização das unidades.

2.2. Fluxograma da Produção de Batata Minimamente Processada

As etapas da produção de batatas minimamente processadas (Figura 1) são descritas a seguir:

2.2.1. Seleção

Esta etapa tem a finalidade de remover eventuais materiais indesejáveis e tubérculos danificados ou com podridão. É feita a classificação por aparência e tamanho, visando à adequação da matéria-prima ao processamento. Entre as principais anomalias relacionadas ao descarte de matéria-prima destaca-se o esverdecimento, a podridão mole, o coração preto e o chocolate, de acordo com descrição de Filgueira (2003), além da presença de tubérculos em pedaços ou machucados. De acordo com Mattiuz (2004), essa etapa deve ser realizada por pessoas devidamente treinadas.

2.2.2. Pré-lavagem

Os tubérculos são lavados com água tratada limpa e de boa qualidade, para a remoção de matéria orgânica e impurezas provenientes do campo, que ficam aderidas à periderme (Kluge e Vitti, 2004).

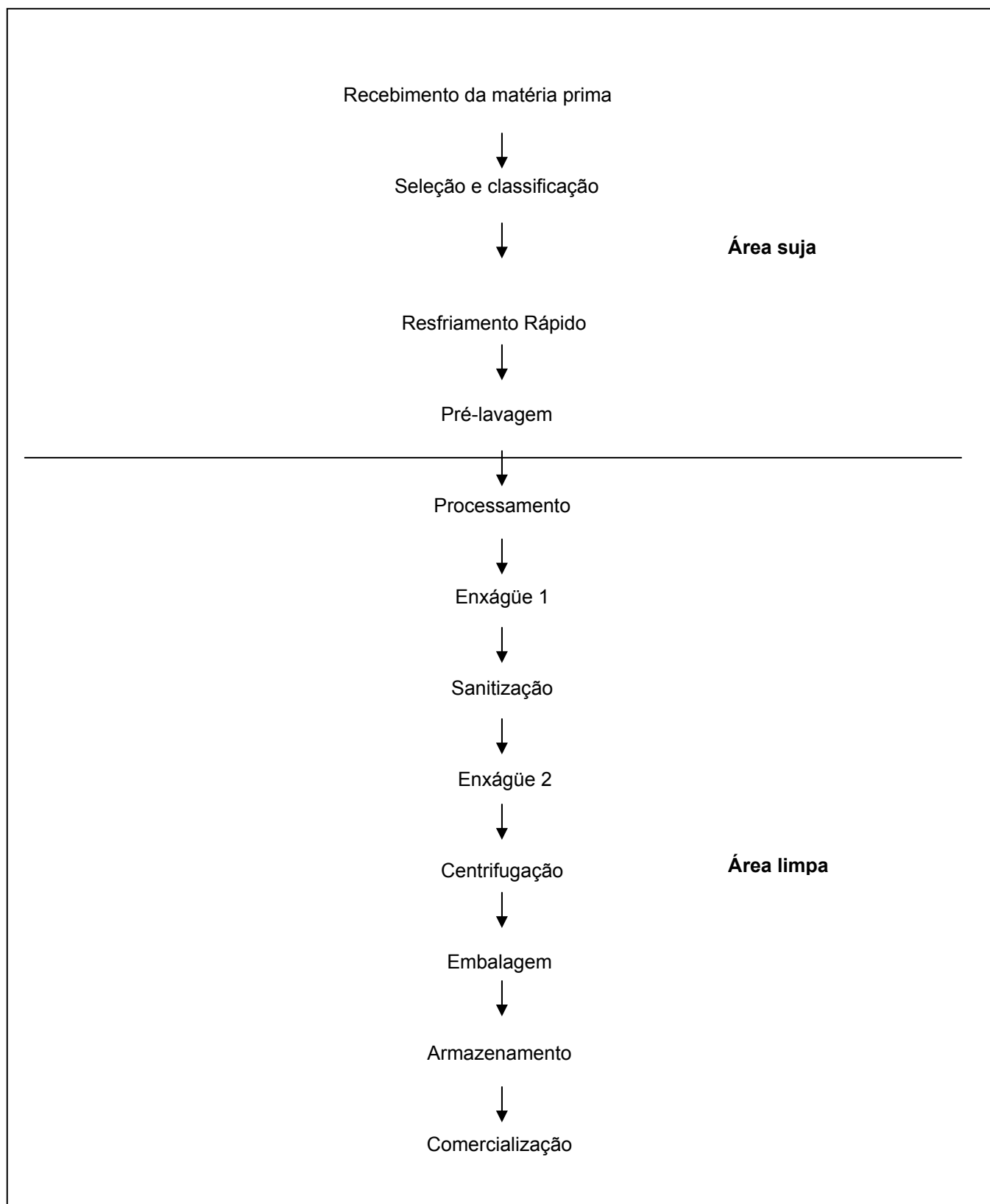


Figura 1. Fluxograma geral do processamento mínimo de batatas.

2.2.3.Processamento

O processamento de batata é particular para cada formato de produto. Uma das formas de se fabricar batatas em bolinhas é utilizar tubérculos pequenos, ou cortar tubérculos maiores em forma de cubos de aproximadamente 3,5 cm de aresta. O material é submetido em seguida ao torneamento, em duas etapas. Por outro lado, o torneamento de tubérculos menores é uma alternativa interessante por agregar valor a classificações inferiores de batatas (Reno, 2000). A torneadora é um equipamento adaptado de um descascador de batatas, amplamente utilizado para o processamento de mini-cenouras, consistindo, em síntese, de dois tambores rotativos com lixas nas paredes internas e na base (Moretti, 2004). No primeiro tambor, uma lixa mais grossa (60 mesh) promove a retirada da periderme e o torneamento, alcançando a forma esférica. O segundo tambor, por sua vez, apresenta uma lixa mais fina (100 mesh), responsável pelo alisamento da superfície do produto. As batatas em bastão podem ser obtidas por meio das mesmas operações, utilizando-se, porém, cortes do tubérculo com dimensões de 2,5cm x 2,5cm x 6,0cm. Já as batatas para processamento na forma de palitos ou em cubos sofrem o descasque no primeiro tambor e em seguida são cortadas no formato final por meio de um cortador apropriado. Após cada etapa as batatas devem ficar imersas em água para retardar o escurecimento. Também podem ser usadas soluções com inibidores de escurecimento (Laurila et al., 1998).

2.2.4.Enxágüe 1

O primeiro enxágüe tem por finalidade remover o suco celular que foi extravasado com o rompimento das membranas celulares no momento do corte. A retirada dessa matéria orgânica é importante para que se iniba o crescimento de microrganismos, que poderiam utilizá-la como meio de cultura (Wiley, 1994). Além disso, caso a matéria orgânica permaneça, poderá ocorrer reação com o cloro da solução sanitizante, na etapa subsequente, levando à formação de compostos indesejáveis, além de reduzir a eficiência desta solução (Suslow, 1997).

2.2.5. Sanitização

De acordo com Moretti (2000), a sanitização consiste na imersão do produto cortado em solução clorada, com concentração de 100 e 150 mg de cloro ativo/L de água limpa e com temperatura de 0 a 5° C, por aproximadamente 10 minutos. A sanitização por cloro é geralmente efetiva, comparativamente barata, e pode ser implementada em operações de qualquer tamanho.

O cloro é um potente desinfetante, com forte propriedade oxidante. É solúvel em água, seja pela injeção de gás (Cl_2), ácido hipocloroso (HOCl) ou íons hipoclorito (OCl^-), em quantidades que variam com o pH da água. Os termos cloro “ativo” ou “livre” descrevem a quantidade de cloro em qualquer forma disponível para reações oxidativas e desinfecção. O pH da solução é de grande importância para sua eficácia. Apesar de a concentração de ácido hipocloroso ser maior em pH 6,0, a melhor combinação de atividade e estabilidade é alcançada na faixa de pH 6,5-7,5. Em menor valor de pH é liberado gás cloreto da solução (Suslow, 1997). Segundo Moretti (2000), o ajuste para a faixa ideal de pH pode ser feito pela adição de hidróxido de sódio e ácidos cítrico e isocítrico, em concentrações de 1 M ou subunidades (0,1 e 0,01M).

O cloro pode se oxidar incompletamente com materiais orgânicos, levando à formação de produtos indesejáveis, como o clorofórmio (CHCl_3) e outros trihalometanos, que se suspeita serem potencialmente carcinogênicos. Em pH alcalino, o cloro reage com bases nitrogenadas para produzir cloraminas. A alta reatividade do cloro com matéria orgânica na presença de oxigênio reduz o teor de cloro ativo na água (Suslow, 1997). Por isso recomenda-se a troca da solução sanitizante, após 2 a 3 usos, quando o nível de cloro ativo for menor que 100mg de cloro ativo /L (Moretti, 2000).

2.2.6. Enxágüe 2

De acordo com Moretti (2004), o produto deve ser enxaguado após o tratamento com cloro, num terceiro tanque, com água limpa e tratada (10 mg Cl

ativo/ L água), preferencialmente a uma temperatura entre 0 e 5°C, com vistas à minimização dos efeitos do corte sobre o metabolismo do tecido vegetal.

2.2.7. Centrifugação

De acordo com Carnelossi e Silva (2000), a centrifugação visa a retirar o excesso de água presente no produto em decorrência das etapas de lavagem, sanitização e enxágües. O tempo de centrifugação é muito importante para que não haja água na superfície das batatas, o que poderia comprometer a qualidade do produto embalado a vácuo. O tempo ideal varia com o tipo de centrífuga, com a velocidade de rotação empregados e com o teor de água da cultivar utilizada.

2.2.8. Embalagem

Segundo o *Institute of Food Technologists* (IFT, 1991), a embalagem de um alimento deve contê-lo e protegê-lo desde o local de produção até o ponto do consumo. Uma “embalagem adequada” pode ser definida como “um sistema que protege um produto perecível de danos físicos causados por manuseio ou pragas, condições extremas de temperatura e de umidade, ou atmosferas que por elas mesmas contenham elementos que possam degradar o produto durante o transporte ou armazenamento” (Myers, 1989). A embalagem também é usada para identificar o produto, a marca de origem e outras informações importantes, como datas de produção e de validade, instruções de preparo, informações nutricionais e modo de armazenamento (Schlimme, 1989).

Produtos minimamente processados necessitam de uma embalagem especial, que auxilie na preservação de seu estado fresco em seu interior. Os produtos minimamente processados são mais perecíveis do que seus similares intactos, o que se traduz em maior taxa respiratória, maior perda d'água e alterações fisiológicas mais rápidas e mais intensas. As embalagens para esses produtos, portanto, têm a função de retardar esses eventos fisiológicos, estendendo ao máximo a sua vida de prateleira. As embalagens de filmes poliméricos aplicam-se bem aos produtos minimamente processados, pois permitem perda mínima de umidade e reduzem a taxa respiratória dos vegetais (Wiley, 1994). Entretanto, a correta seleção dos polímeros, com certas

propriedades de transmissão de gases e vapores a uma dada temperatura, é fundamental para o estabelecimento da atmosfera adequada ao metabolismo do vegetal no interior da embalagem.

A produção de batatas minimamente processadas tem demandado pesquisas para se determinar a embalagem mais apropriada para sua conservação. Vários trabalhos avaliaram os efeitos das embalagens e de diferentes atmosferas no escurecimento de batatas (Laurila et al., 1998a, 1998b, Gunes & Lee, 1997; Maga, 1995; Dennis, 1993; Langdon, 1987), e na sua composição nutricional (Tudela et al., 2003, 2002a, 2002b; Ahvenainen et al., 1998).

Maga (1995) avaliou o efeito de dois agentes antiescurecimento, associados a diferentes atmosferas (ar, vácuo, 20%CO₂ + 80%N₂, 80%CO₂ + 20%N₂), na qualidade de batatas inteiras descascadas, ou batatas dos tipos *chips* e palitos, em embalagens de polietileno, e concluíram que a embalagem a vácuo foi a mais efetiva, seguida de embalagem com atmosfera modificada composta por 20%CO₂ + 80%N₂.

Gunes & Lee (1997) demonstraram que uma modificação ativa da atmosfera na embalagem era necessária para estender a vida de prateleira de batatas, porém, a atmosfera modificada por si só não era capaz de evitar o escurecimento. O tratamento por imersão com solução de agentes inibidores do escurecimento seria essencial em batatas minimamente processadas. Dentre as atmosferas estudadas, a de 100%N₂, em sacos de poliolefina multicamada, com alta permeabilidade, foi a mais eficaz.

Para Ahvenainen et al. (1998), a manutenção da qualidade de batatas descascadas foi tão satisfatória na embalagem de 80-mm *nylon*-polietileno a vácuo, quanto em atmosfera de 20%CO₂ + 80% N₂. Entretanto, os níveis de Vitamina C no produto decresceram durante o armazenamento. De acordo com Laurila et al. (1998a), uma embalagem 80 mm poliamida-polietileno, com atmosfera de 20% CO₂ e 80% N₂, com ácidos cítrico e ascórbico como inibidores de escurecimento, proporcionou a melhor qualidade sensorial para batatas fatiadas, após sete dias de estocagem. A concentração de oxigênio no *head space* da embalagem era menor que 1,5% durante o sétimo dia de armazenamento.

Tudela *et al.* (2003) estudaram o efeito do processamento mínimo, com subsequente armazenamento sob refrigeração, a 4°C, de batatas da cultivar Manon, sob diferentes atmosferas (ar, ar + 20% de CO₂, 100% N₂, e embalagem a vácuo), na atividade da enzima L-galactono- γ -lactona dehidrogenase e no teor de Vitamina C. A embalagem a vácuo provou ser a melhor condição de acondicionamento, tendo evitado o escurecimento e retido 89% da Vitamina C, seguido das atmosferas 100% N₂ (78% retenção) e 20% CO₂ + ar (63% de retenção).

2.2.9. Armazenamento

A qualidade dos vegetais *in natura* e o controle adequado ao longo de toda a cadeia do frio são os fatores mais significantes e que, normalmente, determinam a vida de prateleira de produtos minimamente processados (Lioutas, 1988).

Cantwell (2000) recomenda estocagem entre 0 e 5°C, para manter qualidade e segurança dos produtos minimamente processados. Entretanto, vegetais sensíveis ao frio apresentam maior vida de prateleira se estocados entre 2-3°C. Considerando-se que as reações bioquímicas são catalisadas por enzimas, as alterações bioquímicas em produtos minimamente processados são, em parte, consequência do efeito da temperatura na atividade enzimática (Lei de Arrhenius). Quando os tecidos vegetais são estocados a temperaturas indutivas da injúria pelo frio (Marcellin, 1982), as estruturas internas das células desintegram-se e modificações bioquímicas ocorrem mais intensamente do que em controles submetidos a temperaturas superiores. Assim, a temperatura ótima de estocagem é aquela que minimiza a senescência dos tecidos e também retarda a descompartimentalização celular.

Deve-se considerar que determinadas cultivares de batatas apresentam maior acúmulo de açúcares redutores, quando submetidas a baixas temperaturas, em função da degradação do amido, provavelmente pela enzima amidofosforilase, levando à liberação de glicose-1-P (Fontes & Finger, 2000). O *Sidney Post harvest Laboratory & Food Science* (2001) recomenda o intervalo de 4 a 7°C como ótimo para armazenamento de batatas *in natura*, estando de acordo com alguns trabalhos realizados com batatas minimamente

processadas, que também utilizam temperaturas de armazenamento dentro desse intervalo para o produto (Tudela *et al.*, 2003, 2002a, 2002b; Cantos *et al.*, 2002, Cacace *et al.*, 2002; Buta & Moline, 2001; Laurila *et al.*, 1998; Ahvenainen *et al.*, 1998; Maga, 1995; Chassery & Gormley, 1994; Weiss & Todd, 1992; Sapers & Miller, 1995, 1993, 1992; Gardner *et al.*, 1991; Cherry & Singh, 1990)

Durante o transporte é importante a manutenção da cadeia do frio, preferencialmente em caminhões frigorificados, que mantêm a temperatura estável. No caso da inviabilidade econômica de se utilizar esse tipo de transporte, recomenda-se a utilização de caixas de isopor, previamente higienizadas com solução de hipoclorito de sódio (50mg/L), com camadas de gelo em escamas (Moretti, 2000).

A vida de prateleira de batatas minimamente processadas é dependente das características do produto; o tipo de corte, o tratamento antiescurecimento, a embalagem e a temperatura de armazenamento são os principais fatores que determinam sua durabilidade. As combinações dessas características implicam tempos de validade que variam de 7 dias (Sapers & Miller, 1992) a até mais de 58 dias (Maga, 1995).

2.2.10.Comercialização

As batatas minimamente processadas podem ser comercializadas em pacotes de diversos tamanhos, dependendo do mercado-alvo. Batatas descascadas, fatiadas ou cortadas em palitos, bastões ou bolinhas são ideais em pacotes de 200 a 300 gramas para o varejo. Para mercado institucional, volumes maiores seriam mais adequados. Os produtos devem ficar expostos em balcões refrigerados, com temperatura ao redor de 5°C. Deve-se evitar a variação de temperatura, para que não ocorra condensação de vapor d'água na superfície interna da embalagem. A comercialização em gôndolas abertas, com temperaturas que atingem 10°C, aumenta os riscos de toxinfecções alimentares (Moretti, 2000).

3. ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS

A aplicação de processamento mínimo aumenta a perecibilidade do produto, dado o aumento da atividade metabólica e da descompartimentalização de enzimas e substratos, podendo resultar em escurecimento, perda de firmeza e desenvolvimento de sabores e odores desagradáveis (Gunes & Lee, 1997; Watada *et al.*, 1990; Rolle & Chrism, 1987).

3.1. Aumento da Taxa de Evolução de CO₂

A taxa respiratória de batatas minimamente processadas é influenciada pela temperatura, pela composição gasosa da atmosfera e pela extensão da injúria no tecido vegetal. Gunes & Lee (1997) observaram que o descasque seguido de corte aumentou a taxa respiratória de batatas. Batatas intactas apresentaram taxa de evolução de CO₂ de 1,22 mL CO₂.kg⁻¹.h⁻¹ a 2°C, enquanto batatas descascadas e fatiadas apresentaram taxas de 2,55 e 6,1 mL CO₂.kg⁻¹.h⁻¹, respectivamente à mesma temperatura. Sugere-se que a maior taxa de evolução de CO₂ em batatas fatiadas possa ser resultado da remoção da periderme e de outras barreiras físicas à difusão de gases (Rolle & Chrism, 1987) e da degradação das membranas celulares, levando à oxidação de ácidos graxos livres, com liberação de CO₂ (Brecht, 1995). A temperatura exerce grande influência na taxa respiratória, podendo-se observar que uma variação, no armazenamento, de 2°C para 10°C pode acarretar um aumento de 200% na taxa respiratória de batatas do tipo palito (Gunes & Lee, 1997). A composição da atmosfera ao redor do produto também altera a atividade metabólica. Níveis reduzidos de O₂ reduzem a taxa respiratória de frutas e hortaliças frescas na proporção da concentração de O₂, o que se deve mais provavelmente à redução da atividade de oxidases, tais como polifenol oxidases, ácido ascórbico oxidase e ácido glicólico oxidase com baixa afinidade com o O₂, em benefício da citocromo oxidase, que tem alta afinidade com o O₂ (Kader, 1986). Gunes & Lee (1997), relataram uma diminuição na taxa respiratória de 6,1 para 1,7 mL CO₂.kg⁻¹.h⁻¹, quando os níveis de O₂ foram reduzidos de 21% para 3%. Para Kader (1986), o aumento da concentração de

CO₂ também diminui a taxa respiratória pela inibição de determinados passos do Ciclo de Krebs, uma vez que atua na inativação de algumas enzimas.

3.2. Escurecimento

Batatas, quando submetidas ao processamento, tornam-se escuras rapidamente. Esta descoloração é oriunda de reações catalisadas por enzimas, sendo a mais importante a polifenol oxidase (PPO). A ação desta enzima em vários vegetais *in natura* acarreta perdas econômicas consideráveis, além da diminuição da qualidade nutritiva e alterações do sabor.

O escurecimento é iniciado pela oxidação de compostos fenólicos pelas PPO's. O produto inicial da oxidação é a quinona, que rapidamente se condensa, formando pigmentos escuros insolúveis, denominados melanina, ou reage não enzimaticamente com outros compostos fenólicos, aminoácidos e proteínas, também formando melanina. Essas reações ocorrem no tecido vegetal quando há ruptura da célula e a reação não é controlada, muito embora, no tecido intacto de frutas e hortaliças, possa também ocorrer o escurecimento, como em situações de inibição da respiração durante o armazenamento sob atmosfera controlada, de uso de embalagem imprópria, de deficiência de ácido ascórbico no tecido vegetal, de estocagem a frio e de radiação ionizante (Araújo, 2003).

A enzima polifenol oxidase (1,2-benzenodiol:oxigênio oxidorreductase) possui cobre (Cu⁺⁺) no centro ativo e funciona como oxidase de função mista, catalisando dois diferentes tipos de reação. Na primeira função, monoxigenase, atua na hidroxilação de monofenóis para dihidroxifenóis. Em seguida, na função oxidase, promove a oxidação dos difenóis para o-quinonas. A formação de quinona é dependente do oxigênio e da enzima. Uma vez formada, as reações subseqüentes ocorrem espontaneamente, não dependendo mais da enzima nem do oxigênio.

Os fatores mais importantes na evolução da taxa do escurecimento enzimático provocado pela polifenol oxidase (PPO) são a concentração de PPO ativa e de compostos fenólicos, o pH, a temperatura e o oxigênio disponível no tecido. O pH ótimo da PPO varia com a fonte da enzima e com o substrato. Na maioria dos casos, o pH ótimo da PPO situa-se entre 6 e 7. O

ajuste do pH, por acidificação, para valor menor que ou igual a 4 controla o escurecimento enzimático, desde que se levem em consideração os aspectos sensoriais do produto (Laurila *et al.*, 1998a).

As enzimas peroxidase (POD) e fenilalanina amônia liase (FAL) também são responsáveis pelo escurecimento em hortaliças minimamente processadas. A POD é uma enzima que contém um grupo heme e está relacionada com processos de cicatrização, como, por exemplo, a lignificação (Cantos *et al.*, 2002; López-Serrano & Ros-Barcelo, 1995). A POD promove a oxidação de compostos fenólicos na presença de peróxido de hidrogênio (Dunford & Stillman, 1976). A possível função da POD na formação da melanina tem sido questionada, dado o baixo teor de peróxido de hidrogênio nos tecidos vegetais. Entretanto, a liberação de peróxido de hidrogênio na oxidação de alguns compostos fenólicos, catalisada pela PPO, poderia indicar uma possível ação sinérgica entre essas duas enzimas, o que sugere a participação da POD nos processos de escurecimento (Subramanian *et al.*, 1999). Adicionalmente, a oxidação aeróbia da vitamina C presente nas batatas produz, além do ácido dehidroascórbico, o peróxido de hidrogênio (Araújo, 2003), contribuindo da mesma forma para a atividade da PPO.

A fenilalanina amônia liase (FAL) é uma enzima responsável pela biossíntese de fenilpropanóides. Cantos *et al.* (2002) observaram que a atividade da FAL aumenta, após a injúria, em todas as cultivares de batata submetidas ao processamento mínimo em palitos, o que é um comportamento típico dessa enzima em resposta ao *stress*. Nesse caso, o escurecimento ocorre quando os produtos do metabolismo dos fenilpropanóides, como os compostos fenólicos e possivelmente outros substratos, são oxidados em reações catalisadas por fenolases, como a PPO e a POD (Brecht, 1995). O etileno também induz a atividade da FAL, mas, aparentemente, por mecanismo diferente do processo de injúria (Abeles *et al.*, 1992).

A taxa de escurecimento em hortaliças minimamente processadas varia de acordo com fatores de pré e de pós-colheita. Entre os diversos fatores, a escolha da cultivar tem demonstrado efeito no potencial de escurecimento de batatas preparadas, uma vez que diferentes cultivares têm diferentes composições químicas.

Entre as técnicas de pós-colheita que podem afetar o escurecimento cita-se o transporte e a forma de estocagem do material intacto.

Cantos *et al.* (2002), estudaram a correlação entre o grau de escurecimento e alguns atributos bioquímicos e fisiológicos de cinco cultivares de batatas, submetidas ao processamento mínimo na forma de palitos, e concluíram que todas as cultivares apresentam diferentes níveis de susceptibilidade ao escurecimento, embora não tenha sido possível estabelecer claramente uma correlação entre os atributos mencionados acima e o grau de escurecimento de cada cultivar. Entretanto, o aumento da atividade da peroxidase, verificada pela síntese de isoperoxidasas identificadas por eletroforese, confirmou a indução da atividade desta enzima como fenômeno comum no reino vegetal em resposta a situações de estresse, tais como injúrias mecânicas. Os autores ainda sugerem que para melhor compreensão dos fatores limitantes do desenvolvimento do escurecimento em batatas minimamente processadas, estudos adicionais envolvendo outros aspectos importantes (estabilidade de membrana, composição lipídica, teor de cálcio, atividade de proteases, práticas agrônomicas) são necessários. Ahvenainen & Hurme (1994) estudaram várias cultivares de oito vegetais e concluíram que nem todas as cultivares de determinado vegetal podem ser usadas para o processamento. A escolha correta da cultivar é particularmente importante para cenouras, batatas, beterrabas e cebolas. Mondy & Munshi (1993) observaram que os problemas pós-colheita relacionados ao escurecimento enzimático de batatas podem ser superados por determinadas práticas agrônomicas no campo, tais como irrigação e adubação química.

Entre os fatores pós-colheita, o armazenamento apropriado dos vegetais e o corte são vitais para a obtenção de um produto minimamente processado de qualidade (Ahvenainen & Hurme, 1994). O descasque manual é menos agressivo do que os descasques químicos, por vapor em alta pressão ou mecânico, por abrasão, e resulta em um produto menos susceptível ao escurecimento em relação aos demais casos. O escurecimento também aumenta proporcionalmente com o grau da injúria. Em condições ideais, batatas inteiras descascadas podem ser estocadas sem agentes inibidores de escurecimento por sete dias (Ahvenainen *et al.*, 1998), o que não é possível

para batatas em fatias (Laurila *et al.*, 1998a).

3.2.1. Métodos para prevenir o escurecimento

Teoricamente, o escurecimento provocado pela PPO em frutas e hortaliças pode ser evitado pela inativação térmica da enzima, pela exclusão ou remoção de um ou de ambos os substratos (O_2 e fenóis), pelo abaixamento do pH em duas ou mais unidades abaixo do ponto ótimo, ou pela adição de compostos que inibam a atividade enzimática ou a formação da melanina (Whitaker & Lee, 1995). Muitos inibidores de escurecimento são conhecidos, mas apenas alguns são considerados potencialmente alternativos ao uso de sulfito (Vamos-Vigyázó, 1981), sendo o ácido ascórbico um dos mais adequados para esse fim. Os sulfitos apresentam várias aplicações em alimentos: previnem as reações de escurecimento dos tipos enzimático e não-enzimático; controlam o crescimento de microrganismos; atuam como agente antioxidante, além de outras funções tecnológicas (Laurila *et al.*, 1998a). Entretanto, os sulfitos podem provocar a corrosão de equipamentos, a diminuição do valor nutricional, a perda de firmeza e a formação de sabores e odores desagradáveis no produto ao qual foram aplicados. Além disso, alguns efeitos adversos à saúde estão sendo relacionados ao uso de sulfitos (McEvily *et al.*, 1991; Langdon, 1987), o que tem impulsionado a busca por alternativas à aplicação desse agente.

Ácido Ascórbico

O ácido L-ascórbico, seus sais neutros e outros derivados, utilizados isoladamente ou em combinação com ácido cítrico, são tidos como antioxidantes para usos em frutas, hortaliças e sucos, na prevenção de escurecimento e outras reações oxidativas (Araújo, 2003; Bauernfeind & Pinkert, 1970). Assim como o sulfito, o ácido ascórbico é um agente redutor, capaz de promover a redução química dos precursores do pigmento responsável pelo escurecimento. Atua pela redução da o-benzoquinona a o-diidroxifenol ou pela inativação irreversível da PPO, sendo, portanto, consumido no processo. Adicionalmente, o ácido ascórbico remove O_2 do meio, produzindo o ácido dehidroascórbico; promove a regeneração de

antioxidantes, além de atuar sinergisticamente com agentes complexantes (Araújo, 2003). Trata-se de um ácido moderadamente forte, redutor e hidrossolúvel.

Ácido eritrórbico

O ácido eritrórbico é o isômero D do ácido ascórbico, apresentando propriedades antioxidantes semelhantes, embora não tenha atividade de vitamina C. Tem sido testado em combinações com os ácidos cítricos e ascórbico, com sucesso, em batatas fatiadas (Laurila *et al.*, 1998b; Dennis, 1993) e em batatas inteiras descascadas por abrasão (Laurila *et al.*, 1998b; Santerre *et al.*, 1991). Adicionalmente, é uma alternativa de menor custo, sendo até cinco vezes mais barato que o ácido ascórbico (Wiley, 1994).

Ácido Cítrico

O ácido cítrico é o principal ácido orgânico de frutas e vegetais, (Wiley, 1994; Gardner, 1966). Agente quelante, atua sinergisticamente com ácidos ascórbico e eritrórbico e seus sais neutros, sendo capaz de complexar prooxidantes, como o cobre do centro ativo da Polifenol oxidase (PPO), inativando-os. Em frutas congeladas, o ácido cítrico protege o ácido ascórbico da oxidação catalisada por metais (Araújo, 2003). A aplicação, por imersão, de ácido cítrico associado a outros agentes químicos em diferentes combinações em batatas minimamente processadas tem apresentado resultados mais promissores do que a utilização destes agentes isoladamente (Laurila *et al.*, 1998b; Mattila *et al.*, 1995).

4-Hexilresorcinol

O 4-Hexilresorcinol é o ingrediente ativo de um inibidor de escurecimento comercial, o *EverFresh* (Lambrecht, 1995), recentemente descoberto, patenteado (McEvily *et al.*, 1991) e aprovado. Apresenta ação inibitória específica, pois interage com a PPO, impedindo-a de catalisar as reações de escurecimento, com bons resultados em camarões, maçãs, batatas e alface (Castañer *et al.*, 1996; Whitaker & Lee, 1995; Luo & Barbosa-Cánovas, 1995; Monsalve-González *et al.*, 1993).

EDTA

O ácido etileno amino tetracético (EDTA) é um agente complexante, usado em batatas em combinação com outros inibidores de escurecimento para ação sinérgica (Laurila *et al.*, 1998a; Dennis, 1993; Cherry & Singh, 1990). Complexa agentes prooxidativos, tais como cobre e íons ferro, por meio de um par não conjugado de elétrons em suas estruturas moleculares, que permite a ação de quelação ou complexação.

Aminoácidos Sulfurados

Aminoácidos sulfurados previnem o escurecimento, por reagirem com substratos fenólicos e quinonas para inibir a formação de compostos coloridos (Sapers & Miller, 1993; Dudley & Hotchkiss, 1989). A aplicação desses aminoácidos, em combinação com outros agentes, tem sido amplamente estudada como alternativa efetiva ao uso dos sulfitos. Segundo Gunes & Lee (1997), uma mistura de L-cisteína (0,5%) e ácido cítrico (2%) previne, efetivamente, o escurecimento em batatas cortadas em palitos. Molnar-Perl & Friedman (1990) constataram que a N-acetilcisteína e a glutatona reduzida foram mais efetivas que a L-cisteína, e tão efetivas quanto os sulfitos, no controle do escurecimento em batatas e maçãs. Batatas fatiadas, submetidas a tratamento de imersão em soluções com várias concentrações combinadas de 4-hexilresorcinol, N-acetilcisteína e ácido cítrico, e armazenadas a 5°C, permaneceram sem escurecimento ou perda de firmeza por mais de 21 dias (Buta & Moline, 2001). Soluções de N-acetil-L-cisteína 1%, ácido pentacético dietileno-triamina (DTPA) 1%, e ácido eritrórbico 5% + ácido cítrico 1%, utilizadas para tratamento de batatas em palitos, com subsequente estocagem em atmosfera modificada a 1 e 6°C, foram eficazes no retardamento do escurecimento, sendo que o tratamento com ácidos cítrico e eritrórbico foi o único a ser comparado favoravelmente com batatas frescas preparadas, após 14 dias a 1°C ou 7 dias a 6°C (Cacace *et al.*, 2002). Os autores observaram ainda que o desempenho de todos os tratamentos foi fortemente afetado pela temperatura.

Enzimas

Algumas proteases mostraram ser inibidores de escurecimento bastante eficazes para maçãs e batatas (Labuza *et al.*, 1992; Luo , 1992; Taoukis *et al.*, 1989). Essas enzimas atuam por meio da hidrólise de uma ou mais enzimas responsáveis pelo escurecimento, inativando-as (Laurila *et al.*, 1998b). Das proteases testadas, três de natureza vegetal mostraram ser efetivas: a ficina do figo, a papaína do mamão e a bromelina do abacaxi. Todas são enzimas sulfuradas, com ampla especificidade. De acordo com Taoukis *et al.* (1989), a ficina foi tão efetiva quanto sulfitos no tratamento de batatas a 4°C, mas ligeiramente menos efetiva que eles, a 24°C. Papaína foi regularmente efetiva para batatas a 4°C, entretanto, foi tão eficaz quanto sulfito na prevenção do escurecimento em maçãs.

Coberturas Comestíveis

Um método interessante de prevenção do escurecimento enzimático é a utilização de coberturas comestíveis. Consiste na aplicação, sobre o alimento, de uma camada fina de um material que possa ser ingerido pelo consumidor, como parte do produto, e que tem o potencial de reduzir a perda de umidade, restringir o ingresso de oxigênio, diminuir a taxa respiratória, retardar a produção de etileno, conter a saída de compostos voláteis, além de carrear aditivos que retardem a descoloração, o escurecimento e o crescimento microbiológico (Baldwin *et al.*, 1995). A esse material podem ser adicionados antioxidantes, agentes quelantes e outras substâncias, com a finalidade de auxiliar na extensão da vida de prateleira do produto. Alguns microrganismos também podem ser adicionados a essas coberturas, para auxiliar na inibição do crescimento de alguns patógenos (Baldwin *et al.*, 1996). A eficácia deste método já foi verificada em cogumelos (Nisperos-Carriedo *et al.*, 1988), maçãs em cubos (Baldwin *et al.*, 1996; Tong & Hicks, 1991), batatas (Baldwin *et al.*, 1996), pimentões (Ball, 1997) e outras hortaliças. Alguns polissacarídeos sulfatados, como carragena, sulfato de amilose e sulfato de xilana, mostraram ser coberturas efetivas em maçãs. Uma cobertura a base de celulose, combinada com antioxidantes, acidulantes e conservantes, prolongou a vida de

prateleira de maçã e batata cortadas por uma semana, quando armazenadas a 4°C. Batatas em palitos também podem ser recobertas por uma combinação de cinco tipos diferentes de amido, com o objetivo de controlar a evaporação da água durante a fritura. Essa cobertura ainda permite que batatas frescas sejam congeladas e descongeladas e reduz a porcentagem de gordura que se incorpora às batatas durante a fritura, o que é interessante do ponto de vista dietético (Garcia *et al.*, 2001). É fundamental dispor de informações técnicas sobre os materiais de cobertura, incluindo-se as propriedades mecânicas e de barreira, para que se alcance o desempenho adequado em cada alimento.

3.3. ALTERAÇÕES NO VALOR NUTRICIONAL

Batatas minimamente processadas apresentam alterações nutricionais, com repercussão no teor de aminoácidos essenciais, vitaminas, compostos fenólicos, açúcares e amidos.

3.3.1. Amido e açúcares

Em tubérculos de batata, açúcares e amido são os componentes primeiramente afetados pelo metabolismo pós-colheita. A degradação do amido ocorre rapidamente, com a diminuição da temperatura (Nourian *et al.*, 2003, Hertog *et al.*, 1997). A taxa de acúmulo de açúcares também depende, largamente, da variedade do tubérculo (Kazami *et al.*, 2000; Spsychalla & Desborough, 1990). As condições de baixa temperatura resultam em acúmulo de ATP no tecido de batata e acarretam a ativação da via alternativa, conhecida como respiração resistente ao cianeto, que diminui os níveis de ATP e simultaneamente incrementa as concentrações de sacarose, provavelmente via fosforilase (Isherwood, 1973; Barker, 1968). A sacarose torna-se o substrato da invertase ácida vacuolar, que originará o acúmulo de açúcares redutores (Chapper *et al.*, 2002; Duplessis *et al.*, 1996). A indução do acúmulo de açúcares pelo frio estaria ainda relacionada com a deterioração das membranas dos amiloplastos (Ohad *et al.*, 1971), favorecendo a ação da enzima amidofosforilase sobre o amido (Fontes & Finger, 2000) e tem como função biológica o aumento da tolerância a baixas temperaturas, agindo como crioprotetores (Guy, 1990).

Isherwood (1973) afirma que a degradação do amido em tubérculos de batata é reversível. A inibição da conversão do amido em açúcares pela presença de CO₂, já foi observada, assim como o aumento na síntese de amido e mudanças na atividade metabólica após a injúria dos tubérculos (Smith, 1977). De acordo com Pressey (1969), a atividade da sacarose sintetase, importante enzima envolvida na síntese do amido, é maior em tubérculos jovens de batata, decrescendo marcadamente ao longo da maturação.

3.3.2. Vitamina C

A vitamina de maior importância em batatas é a vitamina C. Apesar de conterem um teor modesto (10-30mg/100g MF), batatas são a maior fonte de vitamina C na dieta ocidental, por causa das grandes quantidades consumidas (Tudela *et al.*, 2002; Davey *et al.*, 2000). O teor de vitamina C em batatas varia de acordo com a cultivar, com as práticas agrícolas, colheita e condições de estocagem. Ao contrário da maioria dos vegetais, batatas minimamente processadas são capazes de reter seu teor inicial de vitamina C, total ou parcialmente, uma vez que as perdas decorrentes de processos de oxidação são compensadas pelo aumento na biossíntese de ácido ascórbico (Tudela *et al.*, 2002; Mondy & Leja, 1986; Asselbergs & Francis, 1952). Esse aumento pode estar correlacionado com a maior atividade da enzima L-galactono- γ -lactona desidrogenase (GLDH) em tecidos de batata injuriados (Fukuda *et al.*, 1995; Oba *et al.*, 1994), a qual catalisa o passo final da biossíntese de ácido ascórbico (Mutsuda *et al.*, 1995; Oba *et al.*, 1994) e poderia ser resultado da maior necessidade de poder antioxidante em nível celular para fazer frente ao estresse, como o provocado pelo processamento mínimo (Tudela *et al.*, 2003; Imahori *et al.*, 1997; Fukuda *et al.*, 1995). Além disso, o aumento da atividade respiratória em batatas minimamente processadas leva à degradação do amido, com acúmulo de glicose, substrato requerido no processo de síntese de ascorbato (Noctor & Foyer, 1998). Prasanna *et al.* (2000) observaram que o pico respiratório ou climatérico em maçãs durante o amadurecimento coincide com seu teor máximo de ácido ascórbico, o que reforça uma possível correlação entre degradação do amido, aumento dos açúcares totais e síntese

de ascorbato. Os autores ainda afirmam que a biossíntese desta vitamina em tecidos intactos ou injuriados está intimamente ligada ao metabolismo de carboidratos. Fatias de batatas de 1-2mm mantidas ao abrigo da luz sob constante ventilação por 72-96 horas apresentaram aumento de 150 a 200% em seus teores de vitamina C (Smith, 1977). Em uma via biossintética proposta (Smirnoff, 2000), como indica a Figura 2, glicose-6-P pode dar origem à GDP-manose pela ação de diversas enzimas. GDP-galactose é produzida por uma dupla epimerização da GDP-D-manose, sendo posteriormente quebrada a L-galactose livre por enzimas ainda não caracterizadas. A enzima L-galactose desidrogenase oxida L-galactose a L-galactono-1,4-lactona, precursor imediato do ascorbato. Provavelmente as reações descritas ocorrem na matéria vegetal em nível citosólico, enquanto o último passo, a oxidação da L-galactono-1,4-lactona (LGL), é mitocondrial. A LGL - desidrogenase encontra-se ligada à membrana interna da mitocôndria. A LGL doa elétrons ao citocromo c entre os complexos III e IV sendo convertido, assim, a ascorbato.

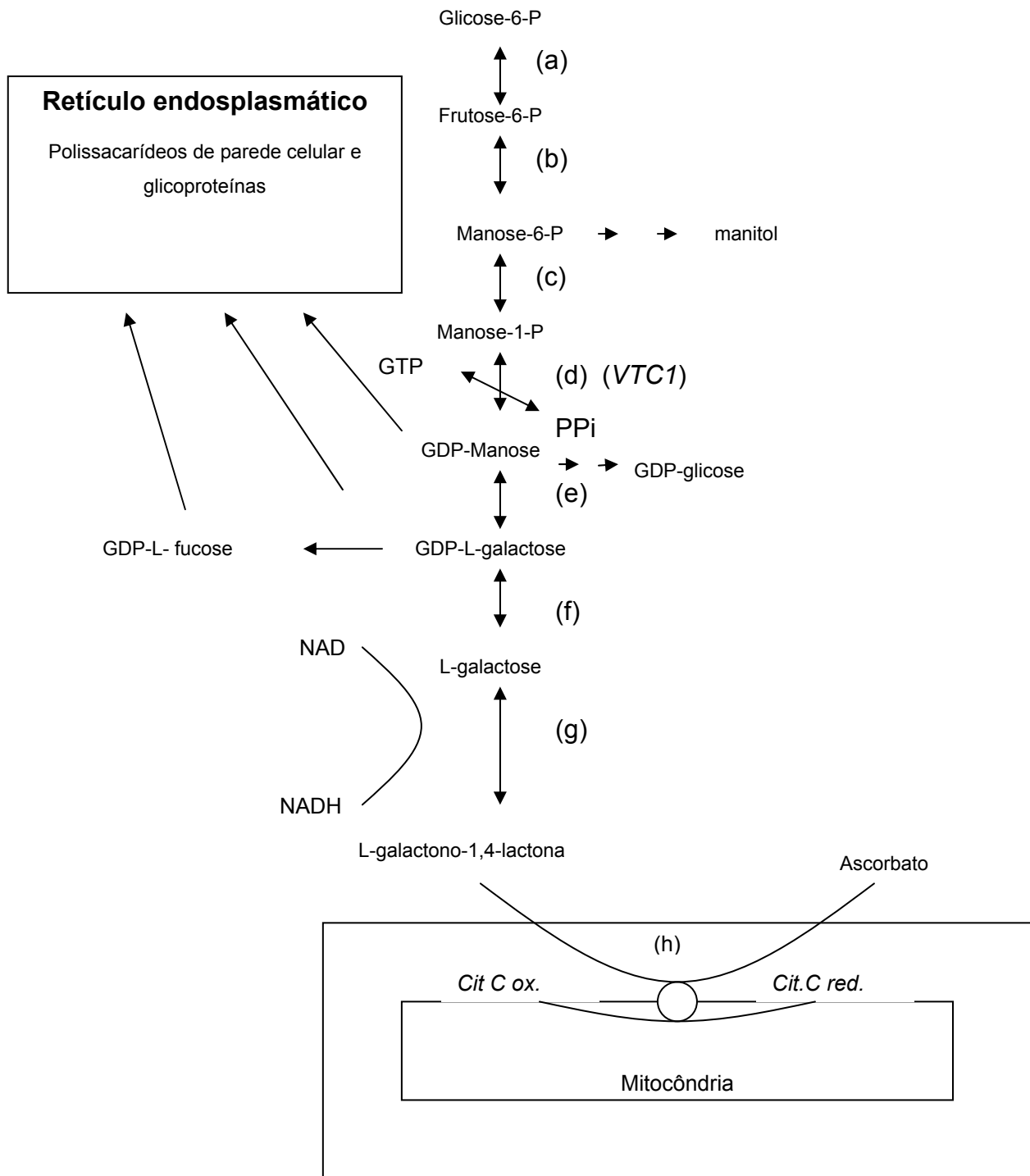


Figura 2. Via biossintética proposta para síntese de Vitamina C em plantas. Adaptado de Smirnov, N. Ascorbic Acid: metabolism and functions of a multi-faceted molecule. *Current Opinion in Plant Biology* (2000). As enzimas são: (a) glicose fosfato isomerase, (b) fosfomanose isomerase, (c) fosfomanose mutase, (d) GDP-manose pirofosforilase, (e) GDP-manose-3,5-epimerase, (f) enzimas não-caracterizadas, (g) L-galactono-1,4-lactona desidrogenase.

A via descrita foi proposta recentemente e tem como suporte a evidência genética e molecular em trabalhos com *Arapidopsis thaliana* e batatas transgênicas (Conklin *et al.*, 1999; Keller *et al.*, 1999).

O teor de vitamina C em um alimento deve incluir os teores de ácido ascórbico e dehidroascórbico, uma vez que esta última forma pode ser facilmente convertida na primeira no organismo humano. O ácido deidroascórbico pode ser oxidado irreversivelmente a ácido dicetogulônico, sem qualquer atividade de vitamina C (Parviainen & Nyysönen, 1992), o que significaria, na prática, a perda de valor nutricional. A oxidação do ascorbato pela ascorbato oxidase aumenta em condições de estresse, exposição a patógenos, altas temperaturas, íons metálicos e agentes químicos (Lee & Kader, 2000). Portanto, o teor de vitamina C em batatas minimamente processadas é resultante de processos biossintéticos e degradativos que ocorrem simultaneamente. O aumento ou redução no teor desta vitamina constatado em estudos com batatas é um balanço final entre o que foi sintetizado e o que foi degradado. Segundo Tudela *et al.* (2003, 2002a), diferentes tipos de embalagens e condições de armazenamento influem no teor final da vitamina C, no qual se verifica uma redução após seis dias de armazenamento. A melhor embalagem estudada para retenção de vitamina C foi a embalagem a vácuo (89% de retenção), seguida por embalagem com atmosfera modificada com 100%N₂ (78%) e embalagem com atmosfera modificada com 20%CO₂ + ar (63%), armazenadas a 4°C. A retenção da vitamina C é maior em batatas minimamente processadas do que em batatas congeladas a -22°C, indicando que o processamento mínimo é menos agressivo à qualidade nutricional do alimento do que o congelamento.

3.3.3. Compostos fenólicos antioxidantes

Outras reações anabólicas e catabólicas ocorrem em batatas minimamente processadas, tais como a indução de enzimas oxidativas e a biossíntese de antioxidantes flavonóides e derivados do ácido cafeico, por indução da enzima fenilalanina amônia liase (Dixon & Paiva, 1995). O ácido clorogênico é um dos derivados do ácido cafeico, grupo importante por

apresentar, assim como alguns flavonóides, atividade anti-radicaís livres *in vitro* (Chen & Ho, 1997).

Os compostos polifenólicos em batatas apresentam atividade antioxidante em vários sistemas (Friedman, 1997). Onyeneho & Hettiaachchy (1993) avaliaram a capacidade de extratos secos congelados de cascas de batatas, de seis diferentes cultivares, na prevenção da oxidação de óleo de soja, tendo encontrado nos óleos tratados com 50 mg dos extratos, um valor significativamente menor de peróxido.

Efeitos anticarcinogênicos e antimutagênicos dos polifenóis também foram observados, devendo-se provavelmente à habilidade de tais compostos combaterem ou capturarem eletrólitos que causam danos ao DNA, radicaís livres e metais tóxicos, de inibir enzimas que ativam pré-carcinogênicos a carcinogênicos, e de induzir enzimas desintoxicantes (Tanaka, 1994; Tanaka *et al.*, 1993; Friedman & Smith, 1984). O efeito antígenotóxico e anticarcinogênico do ácido clorogênico de batatas inclui mecanismos de bloqueio da formação de nitrosaminas (Kikugawa *et al.*, 1983), de inativação da aflatoxina B₁, e da complexação do carcinogênico benzo- α -pireno (Camire *et al.*, 1995).

Outros efeitos de importância nutricional dos polifenóis incluem as propriedades de redução dos níveis de glicose e colesterol (Friedman, 1997). Thonson *et al.* (1983) reportaram que os teores de polifenóis de batatas, legumes e cereais correlacionavam-se negativamente com os índices glicêmicos de indivíduos normais e diabéticos que consumiam estes alimentos, em um estudo controlado. Esse efeito poderia estar associado com a inibição de amilases, fosforilases e enzimas proteolíticas, além da complexação direta entre os polifenóis e o amido, impedindo a digestão. Outra possibilidade é a prevenção *in vivo* da Reação de Maillard (escurecimento não-enzimático) entre a glicose plasmática e grupos amino da hemoglobina, que ocorre sob condições fisiológicas e contribui para a ocorrência do diabetes (Friedman, 1996). O ácido clorogênico e outros polifenóis também exibem forte atividade antioxidante *in vitro* sobre lipoproteínas (Vinson *et al.*, 1995). Uma vez que a oxidação *in vivo* das Lipoproteínas de Baixa Densidade (LDL) parece ser a maior causa das doenças cardiovasculares, é possível que o consumo desses polifenóis contribua para a prevenção das enfermidades coronarianas. Lazarov

& Werman (1996) observaram que o consumo de cascas de batatas induziu a hipocolesterolemia em ratos. Apesar de os autores atribuírem esses resultados ao teor de fibras presente, é provável que compostos polifenólicos e outros antioxidantes, bem como os glicoalcalóides possam ter contribuído para a redução no teor de colesterol (Friedman, 1997).

A indução da biossíntese de flavonóides e compostos fenólicos derivados do ácido cafeico em batatas minimamente processadas foi estudada por Tudela *et al.* (2002b), que observaram quantidades significativas de quercetina 3-rutinosídeo, quercetina 3-diglucosídeo, quercetina 3-glucosilrutinosídeo, ácido clorogênico, ácido criptoclorogênico e tirosina. Grande parte desses compostos foi preservada após os vários processos de cozimento e fritura, sugerindo que a batata minimamente processada pode ser uma fonte de compostos fenólicos nutricionalmente importantes.

Por outro lado, a reação de escurecimento enzimático decorrente do processamento mínimo de batatas interfere negativamente nos teores de aminoácidos essenciais e de proteínas funcionais e estruturais (Friedman, 1994; Stevens & Davelaar, 1994; Hurrell & Finot, 1984; Matheis & Whitaker, 1984). As semiquinonas e o-quinonas formadas a partir de compostos fenólicos podem interagir com grupos ϵ -NH₂ da lisina, SH da cisteína, SCH₃ da metionina, OH das serina e tirosina e anéis indol do triptofano, reduzindo a disponibilidade desses e outros nutrientes essenciais e diminuindo a digestibilidade e qualidade nutricional de proteínas (Friedman, 1991;1992), pela inibição das enzimas digestivas α -amilase e tripsina. Os substratos mais comuns em batatas para a reação de escurecimento enzimático são a tirosina, o ácido clorogênico e os flavonóides (Araújo, 2003). Mapson *et al.* (1963) encontraram correlação entre tirosina, atividade da PPO e taxa de escurecimento em diferentes cultivares de batata.

4.CONCLUSÕES

Embora as batatas minimamente processadas sejam bastante consumidas nos países europeus, Estados Unidos e Canadá, seu consumo em nosso país é praticamente inexistente. Todavia, o consumo expressivo de batatas em nível nacional oferece aos produtores desta importante olerícola a possibilidade de investir na tecnologia de processamento mínimo, de forma a agregar valor à produção e oferecer ao consumidor um produto conveniente e de qualidade. O principal problema tecnológico relacionado ao processamento mínimo deste tubérculo refere-se à ocorrência do escurecimento enzimático, a que se deve dar maior atenção durante o desenvolvimento de tecnologias e buscar soluções mais viáveis economicamente. As alterações nutricionais devem ser avaliadas no caso de batatas minimamente processadas, no que diz respeito à síntese e à degradação da vitamina C, bem como à biossíntese de compostos fenólicos. Estudos clínicos relacionados com os efeitos desses compostos na prevenção de doenças crônicas não-transmissíveis e seus fatores de risco seriam de grande interesse para se elucidar a contribuição da batata e seus compostos fenólicos na dieta.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABELES, F.B., MORGAN, P.W., SALTVEIT JUNIOR, M.E. Ethylene in plant Biology. California: Academic Press, 1992. 414 p.

AHVENAINEN, R.; HURME, E. Minimal Processed of Vegetable. In: AHVENAINEN, R.; MATTILA-SANDHOLM, T.; OHLSSON, T. (Ed) Minimal Processing of Foods. Espoo,: VTT Symposium, 1994, 142p.

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

ASSELBERGS, E.A.M.; FRANCIS, F.J. Studies on the formation of Vitamin C of Potato Tissue. *Canadian Journal of Botanic*, v.30, p. 665, 1952.

ARAÚJO, J.M. Química de Alimentos – Teoria e Prática 3^aed. Viçosa: Editora UFV,2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA BATATA, 2004. Batata – Histórico. Disponível em: <www.abbabatatabrasileira.com.br/historia.htm>. Acesso em 27 jul. 2004.

BALDWIN, E.A.; NISPEROS-CARRIEDO, M.O.; BAKER, R.A. Use of Edible Coatings to Preserve Quality of Lightly (and slightly) Processed Products *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 35, p.509-524, 1995.

BALDWIN, E.A.; NISPEROS, M.O., CHEN, X.; HAGENMAIER, R.D. Improving Storage Life of Cut Apple and Potato with Edible Coating. *Post harvest Biology and Technology*, v.9, p.151-163, 1996.

BALL, J.A. Evaluation of Two Lipid-Based Edible Coatings For Their Ability to Preserve Post Harvest Quality of Green Bell Peppers. Dissertation, Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University. Blacksburg, Virginia, USA, 1997.

BARKER, J. Studies in the Respiratory and Carbohydrate metabolism in Plant Tissues. XXIV. The Influence of a Decrease in temperature on the Content of

Certain Phosphate Esters in Plant Tissues. *New Phytologist*, v. 67, p.487-493, 1968.

BAUERFEIND, J.C.; PINKERT, D.M. Food Processing with Added Ascorbic Acid Adv. *Food Research*, v.18, p.220-315, 1970.

BERBARI, S.A.G., AGUIRRE, J.M. et al. Alternativas para o aproveitamento de Batata. *Batata Show*, v.2 n. 04, p. 11, 2002.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Política Nacional de Alimentação e Nutrição. 2^a. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2003.

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

BUTA, J.G.; MOLINE, H.E. Prevention of Browning of Potato Slices Using Polyphenol Oxidase Inhibitors and Organic Acids. *J. Food Quality*, v.24, n.4, p. 271-282, 2001.

CACACE, J.E.; DELAQUIS, P.J.; MAZZA, G. Effect of chemical inhibitors and storage temperature on the quality of fresh-cut potatoes. *J. Food Quality*, v. 25, n.3, p. 181-196, 2002.

CALBO, A.G. Batata (*Solanum tuberosum*). Disponível em www.cnph.embrapa.br/laborato/pos_colheita/batata.htm . Acesso em 12 dez. 2003.

CAMIRE, M. E.; ZHAO, J.; DOUGHERTY, M. P.; BUSHWAY, R. J. In vitro binding of benzo(a)pyrene by extruded potato peel. *J. Agric. Food Chem.*, v.43, p.970-973, 1995.

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

CANTWELL, M. Preparation and Quality of Fresh Cut Produce. In: ENCONTRO NACIONAL DE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2, Viçosa, 2000. Palestras, Viçosa: UFV, 2000. p.110

CARNELOSSI, M., A., G.; SILVA, E, O. Processamento mínimo de couve. In: ENCONTRO NACIONAL DE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2, Viçosa, 2000. Palestras, Viçosa: UFV, 2000. p.125

CASTAÑER, M.; GIL, M.I.; ARTÉS, F.; TOMÁS-BARBERÁN, F.A. Inhibition of browning of harvested head lettuce. *J. Food Science*, v.61, p.314-316, 1996.

CHAPPER, M.; BACARIN, M. A.; PEREIRA, A. S. Carboidratos não estruturais em tubérculos de dois genótipos de batata armazenados em duas temperaturas. *Hortic. Brasileira*, v.20, n.4, p.583-588, 2002.

CHASSERY, S.; GORMLEY, T.R. Quality and Shelf life of Pre-Peeled Vacuum Packed Potatoes. *Farm & Food*, n.2, 30-32, 1994.

CHEN, J.H.; HO, C.T. Antioxidant activities of caffeic acid and its related hydroxycinnamic compounds. *J.Agric. Food Chem.*, v.45, p.2374-2378, 1997.

CHERRY, J.H.; SINGH, S.S. Discoloration Preventing Food Preservative and Method. Patent Number: 4,937,085, 1990.

CONKLIN, P.L.; NORRIS, S.R.; WHEELER, G.L.; WILLIAMS, E.H.; SMIRNOFF, N; LAST, R.L. Genetic evidence for the role of GDP-mannose in plant ascorbic acid (vitamin C) biosynthesis. *Proc. Nati. Acd. Sci. USA*, v.96, p.4198-4203, 1999.

COSETENG, M.Y., LEE, C.Y. Changes in apple polyphenoloxidase and polyphenol concentrations in relation to degree of browning. *J. Food Science*, v.52, n.4, p.985-989, 1987.

DAVEY, M.W.; MONTAGU, M.V.; INZÉ, D.; SANMARTIM, M.; KANELIS, A.; SMIRNOFF, N.; BENZIE, I.J.J.; STRAIN, J.J.; FAVEL, D.; FLETCHER, J. Plant ascorbic acid: chemistry, function, metabolism, bioavailability and effects of processing. *J Science and Food Agric.*, v.80, p.825-860, 2000.

DENNIS, J.A.B. The effects of selected ant browning agents, selected packaging methods, and storage times on some characteristics of sliced raw potatoes. Stillwater, 1993, Dissertation, Oklahoma State University, USA.

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

DUDLEY, E.D.; HOTCHKISS, J.H. Cystein as an inhibitor of polyphenol oxidase. *J. Food Biochemistry*, v 13, p.65, 1989.

DUNDFORD, H.B.; STILLMAN, J.S. On the function and mechanism of action of peroxidases. *Coord. Chem. Rev.*, v.19, p.187-251, 1976.

DUPLESSIS, P.M.; MARANGONI, A.G.; YADA, R.Y. A Mechanism for low temperature induced sugar accumulation in stored potato tubers: the potential role of alternative pathway and invertase. *American Potato Journal*, v. 73, p.97-100, 1996.

FILGUEIRA, F.A.R. Novo Manual de Olericultura. 2 ed. Viçosa: Ed. UFV, 2003.

FONTES, P.C.R.; FINGER, F.L. Pós-colheita do tubérculo de batata. 1^a. ed. Viçosa: Editora UFV, 2000.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). Statistical Databases. Food Supply 2001

Disponível em:
<<http://faostat.fao.org/faostat/collections?version=ext&hasbulk=0&subset=nutrition>> Acesso em 28 jul.2004.

FRIEDMAN, M.; SMITH, G.A. Inactivation of quercetin mutagenicity. *Food Chem. Toxicol.* , v.22, p.535-539, 1984.

FRIEDMAN, M. Prevention of adverses effects of food browning. *Adv. Exp. Med. Biol.*, v.199, p.171-215, 1991.

FRIEDMAN, M. Composition and safety evaluation of potato berries, potato and tomato seeds, potatoes, and potato alkaloids. *ACS Symp. Ser.*, v.484, p.429-462, 1992.

FRIEDMAN, M. Improvement in the safety of foods by SH-containing amino acids and peptides. *J. Agric. Food. Chem.*, v. 42, p. 3-20, 1996.

FRIEDMAN, M. Food Browning and its Prevention. An Overview. *J. Agric. Food Chem.*, v.44, p.631-653, 1996.

FRIEDMAN, M. Chemistry, biochemistry and dietary role of potato polyphenols. A review. *J. Agric. Food Chem.*, v.45, n.5, p.1523-1540, 1997.

FUKUDA, M.; KUNISADA, Y.; NODA, H.; TAGAYA, S.; YAMAMOTO, Y.; KIDA, Y. Effect of storage time of potatoes after harvest on increase of ascorbic acid content by wounding. *J. Jap. Soc. Food Science and Technology*, v.42, n. 1031-1034, 1995.

GARCIA, M. A., FERRERO, C.; BERTOLA, N.; MARTINO, M.; ZARITZKY, N. Effectiveness of Edible Coatings from Cellulose Derivatives to Reduce Fat Absorption in Deep Fat Frying In: 2001 IFT Annual Meeting. New Orleans, Louisiana. USA, 2001

GARDNER, W.H. Food Acidulants. Allied Chem. Corp. Bull., p.44 New York: Allied Chem. Corp,1966.

GARDNER, J.; MANOHAR, S; BORISENOK, W.S.; Sulfite-free Preservative for Fresh Peeled Fruits and Vegetables. Patent Number 4: 998,523, 1991.

GODOY, R.C.B. A Oferta de Batata no Brasil. *Batata Show*, v. 1 n.03, p.34-35, 2001.

GUNES, G.; LEE, C.Y. Colour of minimally processed potatoes as affected by modified atmosphere and anti-browning agents. *J. Food Science*, v. 62, p. 572-575, 1997.

GUY, C. L. Cold acclimation and freezing stress tolerance: role of protein metabolism. *Ann. Rev. Plant Physiol. and Plant Molec. Biol.*, v.41, p. 187-223, 1990.

HERTOG, M.L.A.T.M; TUSKENS, L.M.M.; HAK, P.S. The effects of temperature and senescence on the accumulation of reducing sugars during storage of potato (*Solanum tuberosum* L.) tuber: a mathematical model. *Post harvest Biology and Technology*, v.10, p.67-69, 1997.

HORTON, D. Potatoes: Production, Marketing, and Programs in Developing Countries. 2^a. ed. Westview Press, 1995.

HURREL, R.F.; FINOT, P.A. Nutricional consequences of the reactions between proteins and oxidized polyphenols. In: Nutricional and toxicological aspects of food safety; Friedman, M.(ed) Plenum, New York, 1984, p. 423-435.

IMAHORI, Y; YAN-FEI, Z; UEDA, Y; ABE, K; CAHCHIN, K. Effects of wound stress by slicing sweet pepper fruits on ascorbic acid metabolism. *J.Jpn. Soc. Hortic. Sci.*, v. 66, p. 175-183, 1997.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sistema IBGE de Recuperação Automática. Produção Agrícola Municipal 2002.

Disponível em <www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo2.asp?e=v&p=pa&z=t&o=11>.

Acesso em 16 jun. 2004.

IFPA. INTERNATIONAL FRESH CUT PRODUCE ASSOCIATION. Fresh-cut produce handling guidelines. 3. ed. Produce Marketing, 1999. 39 p.

IFT - INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGISTS. Food Packaging, Food Protection and the Environment: A Workshop Report. Chicago, IL, 1991.

ISHERWOOD, F.A. Starch-sugar interconversion in *Solanum tuberosum*. *Phytochemistry*, v. 12, p.2579-2591, 1973.

KADER, A. Biochemical and Physiological Basis for Effects of Controlled and Modified Atmospheres on Fruits and Vegetables. *Food Technology*, v.40, n.5, p. 99-104, 1986.

KAZAMI, D., TSUCHIYA, T., KOBAYASHI, Y., & OGURA, N. Effect of storage temperature on quality of potato tubers. *J. Japan. Soc. for Food Science and Technology*, v.47, n.11, p. 851–856, 2000.

KELLER, R; SPRINGER, F.; RENZ, A.; KOSSMANN, J. Antisense inhibition of the GDP-mannose 6-phosphorylase. reduces the ascorbate content in transgenic plants leading to developmental changes during senescence. *Plant Journal*, v.19, p.131-141, 1999.

KIKUGAWA, K.; HAKAMADA, T.; HASUNUMA, M.; KURECHI, T. Reaction of p-hydroxycinnamic acid derivatives with nitrite and its relevance to nitrosamine formation. *J. Agric. Food Chem.*, v.31, p.780-785, 1983.

KLUGE, R.A., VITTI, M.C.D. Processamento Mínimo de Beterraba. In: III Encontro Nacional sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças. Palestras. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2004, p.83.

LABUZA, T.P.; LILLEMO, J.H.; TAOUKIS, P.S. Inhibition of Polyphenol Oxidase by Proteolytic Enzymes. *Fruit Processing*, v.2, p.9-13, 1992.

LAMBRECHT, H.S. Sulfite Substitutes for the Prevention of Enzymatic Browning in Foods. In: Lee, C.Y.; Whitaker, J.R. (eds) Enzymatic Browning and its Prevention. Washington, DC, USA, ACS Symposium Series 600, p.313-323, 1995.

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

LAURILA, E.; HURME, E.; AHVENAINEN, R. The shelf life of sliced raw potatoes of various cultivars varieties - substitution of bisulfites. *J. Food Protection*, v.61, n.10, 1363-1386, 1998a.

LAURILA, E.; KERVINEN, R.; AHVENAINEN, R. The inhibition of enzymatic browning in minimally processed vegetables and fruits. Review article. Post Harvest News and Information. (1998b). Disponível em <<http://hort.cabweb.org>> Acesso em 10 jun. 2003.

LAZAROV, K.; WERMAN, M. J. Hypocholesterolaemic effect of potato peel as a dietary fiber source. *Med. Sci. Res.*, 24: 581-582, 1996.

LEE, S.K.; KADER, A.A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology*, v.20, p.207-220, 2000.

LIOUTAS, T.S. Challenges of controlled and modified atmosphere packaging: A Food Company's Perspective. *Food Technology*, v.42, n 9, p.78-86, 1988.

LÓPEZ-SERRANO, M.; RÓS-BARCELÓ, Activity of. peroxidase in unripe and processing strawberries. *Food Chemistry*, v.52, p.157-160, 1995.

LUO, Y. Enhanced control of enzymatic browning of apple slices by papain. Dissertation, Washington State University, Pullman, USA, 1992.

LUO, Y.; BARBOSA-CÁNOVAS, G.V. Inhibition of apple slice by 4-hexylresorcinol. In: Lee, C.Y.; Whitaker, J.R. (Eds) Washington, DC, USA; American Chemical Society, 1995 pp.240-250.

MAGA, J.A. Influence of dips, modified atmospheric packaging, and storage time on the enzymatic discoloration of processed raw potatoes. In: Charambolous, G. (Ed) Food Flavors: generation analysis and process influence. Amsterdam, Netherlands; Elsevier Science Publishers BV.,1995, p.491-496.

MAPSON, L.W.; SWAIN, T.; TOMLIN, A.W. Influence of variety, cultural conditions and temperature of storage on enzymic browning of potato tubers. *J. Sci. Food. Agric.*, v. 14, p. 673-684, 1963.

MARCELLIN, P. Nouvelles tendances de la conservation des fruits et légumes par réfrigération. *Rev. Gén. Du Froid*, v.3, p. 143-151, 1982.

MATHEIS, G., WHITAKER, J.R. Modification of proteins by polyphenol oxidase and peroxidase and their products. *J. Food. Biochem.*, v.8, p.137-162, 1984.

MATTILA, M.; AHVENAINEN, R.; HURME, E. Prevention of browning of pre-peeled potato. In: Baerdemaeker, J. de; Mckenna, B.; Janssens, M; Thompson,

A.; Artés Calero, F.; Höhn, E.; Somogyi, Z. (eds) COST 94. Post harvest Treatment of Fruit and Vegetables. Proceedings of a Workshop on Systems and Operations for Post Harvest Quality, Leuven, Belgium, 14-15 September 1993. Commission of the European Communities, p.225-234, 1995.

MATTIUZ, B. H. Processamento Mínimo de Frutas Tropicais: Goiaba. In: III Encontro Nacional sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças. Palestras. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2004, p.96.

MCEVILY, A.J.; IYENGAR, R.; OTWELL, W.S. Sulfite alternative prevents shrimp melanosis. *Food Technology*, v.45, p.80-86, 1991.

MELO, P.C.T.; GRANJA, N.P; FILHO, H.S.M.; SUGAWARA, A.C.; OLIVEIRA, R.F. Análise do crescimento da cultivar de batata "Ágata". *Batata Show*, v.3, n.8, p.16-17, 2003.

MOLNAR-PERL, I.; FRIEDMAN, M. Inhibition of browning by sulfur amino acids. Part 3. Apples and potatoes. *J. Agric. Food Chem.*, v. 38, p.1652-1656, 1990.

MONDY, N.I.; LEJA, M. Effect of mechanical injury on the ascorbic acid content of potatoes. *J. Food Science*, v.51, p.355-35, 1986.

MONDY, N.I.; MUNSHI, C.B. Effect of type of potassium fertilizer on enzymatic discoloration and phenolic, ascorbic acid, and lipid contents of potatoes. *J. Agric. Food Chemistry*, v.41, p.849-852, 1993.

MONSALVE-GONZÁLEZ, A.; BARBOSA-CÁNOVAS, G.V.; CAVALIERI, R.P.; MCEVILY, A.; IYENGAR, R. Control of browning during storage of apple slices preserved by combined methods. 4- hexylresorcinol as anti-browning agent. *J. Food Science*, v. 58, p.797-800, 826, 1993.

MORETTI, C.L. Processamento de mandioquinha-salsa e pimentão. In: II Encontro Nacional sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças. Palestras. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2000, p.132.

MORETTI, C.L. Processamento mínimo de mini-cenouras. In: III Encontro Nacional sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças. Palestras. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2004, p.91.

MORETTI, C.L. Desenvolvimento de tecnologia de processamento mínimo de hortaliças: agregação de valor, sustentabilidade ambiental e geração de renda para a agroindústria familiar, vigência:2003 – 2005, Banco Mundial / Embrapa, Brasília, 2003.

MUTSUDA, M.; ISHIKAWA, T.; TAKEDA, T.; SHIGEOKA, S. Sub cellular localization and properties of L-Galactono- γ - lactone dehydrogenase in spinach leaves. *Biosci., Biotech. and Biochem.*, v.59, p.1983-1984, 1995.

MYERS, R. A. Packaging considerations for minimally processed fruits and vegetables. *Food Technology*, v. 43, n.2, p.129-131, 1989.

NISPEROS-CARRIEDO, M.O.; BALDWIN, E.A.; SHAW, P.E. Development of an edible coating for extending Post-harvest life of selected fruits and vegetables. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, v.104, p.122-125, 1988.

NOCTOR, G; FOYER, CH. Ascorbate and glutathione: keeping active oxygen under control. *Annu. Rev. Plant. Physiol. Mol. Biol.*, v.49, p.249-279, 1998.

NOURIAN, F; RAMASWAMY, HS; KUSHALAPPA, AC. Kinetics of quality change associated with potatoes stored at different temperatures. *Lebensm.-Wiss. U.-Technol.* v.36, p.49–65, 2003.

OBA, K. FUKUI, M.; IMAI, Y.; IRYAMA, S.; NOGAMI, K. L-Galactono- γ - lactone dehydrogenase: partial characterization, induction of activity and role in the synthesis of ascorbic acid in wounded white potato tuber tissue. *Plant Cell. Physiology*, v. 35, p.473-478, 1994.

OHAD, I.; FRIEDBERG, I.; NEMAN, Z.; SCRAMM, M. Biogenesis and degradation of starch. The fate of amyloplast membrane during maturation and storage of potato tubers. *Plant Physiology*, v.47, p.465-477, 1971.

ONYENEHO, S-N. HETTIAACHCHY, N.S. Antioxidant activity, fatty acid and phenolic acid composition of potato peels. *J. Sci. Food Agric.*, v.62, p.511-517, 1993.

PARVIAINEN, M.T.; NYSSONEM, K. Ascorbic Acid. In: LEENHEER, A.P.D; LAMBERT, W.E. NELIS, H (Eds) *Modern Chromatographic Analysis of Vitamins*. New York: Marcel Dekker, 1992.

PEREIRA, A.S. Composição química, valor nutricional e industrialização. In: REIFSCHEIDER, F.J.B. (Coord.) *Produção de batata*. Brasília: Linha Gráfica, 1987. p.12-28.

PRASANNA, K.N.V., RAO, D.V.S. KRISHNAMURTHY, S., Effect of storage temperature on ripening and quality of custard apple (*Annona squamosa* L.) fruits. *J. Hortic. Sci. Biotech.*, v.75, p. 546-550, 2000.

PRESSEY, R. Role of invertase in accumulation of sugars in cold-stored potatoes. *American Potato Journal*, v.46, p.291-297, 1969.

RENO, N. Potatoes cuts immigrate from Europe. *Fresh Cut Magazine*. Columbia Publishing. Feb. 2000. Disponível em: www.freshcut.com Acesso em: 12 jul. 2003.

ROLLE, R., CHRISM, G.W., Physiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. *J. Food Quality*, v.43, p.274-276, 1987.

SANTERRE, C.R.; LEACH, T.F.; CASH, J.N. Bisulfite alternatives in processing abrasion-peeled 'Russet Burbank' potatoes. *J. Food Science*, v.56, p.257-259, 1991.

SAPERS, G.M.; MILLER, R.L. Enzymatic browning control in potato with ascorbic acid-2- phosphates. *J. Food Science*, v.57, p. 1132-1135, 1992.

SAPERS, G.M.; MILLER, R.L., Control of enzymatic browning in pre-peeled potatoes by surface digestion. *J. Food Science*, v.58, p.1076-1078, 1993.

SAPERS, G.M.; MILLER, R.L. Heated ascorbic/ citric acid solution as browning inhibitors for pre-peeled potatoes. *J. Food Science*, v. 60, p. 762-766, 776, 1995.

SCHLIMME, D.V. Marketing lightly processed fruit and vegetables. *Hortscience*, v.30, n.1, p. 15-17, 1995.

SIDNEY POSTHARVEST LABORATORY & FOOD SCIENCE AUSTRALIA
Optimal Fresh. The fruit, vegetable and fresh produce expert system.
Disponível em www.publish.csiro.au. Acesso em 12 jul.2003.

SILVA, E.O.; CARNELOSSI, M.O.G.; SOARES, N.F.F.; VANETTI, M.C.D,
PUSCHMANN, R. Como montar uma Agroindústria de Processamento Mínimo
de Vegetais, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002, 70p.

SMIRNOFF, N. Ascorbic acid: metabolism and functions of a multifaceted
molecule. *Current Opinion in Plant Biology*, v.3, p.229-235, 2000.

SMITH, O. Potatoes: production, storing, processing. 2a. ed. Westpot: Avi.
Publishing, 1977.

SPYCHALLA, N. P., & DESBOROUGH, S. L. Fatty acids, membrane
permeability, and sugars of stored potato tubers. *Plant Physiology*, v. 94,
p.1207, 1990.

STEVENS, L.H.; DAVELAAR, E. Isolations and characterization of blackspot
pigments from potato tubers. *Phytochemistry*, v. 42, p. 941-947, 1996.

SUBRAMANIAN, N., VENKATESH, P.; GANGULI, S.; SINKAR, V.P. Role of
polyphenol oxidase and peroxidase in the generation of black tea theaflavins. *J.
Agric. Food Chem.*, v.47, p.2571-2578, 1999.

SUSLOW, T. Post-harvest chlorination: basic properties and key points for
effective disinfection. University of California, 1997. Disponível em
<http://danrcs.ucdavis.edu>. Acesso em 12 jul.2003.

TANAKA, T.; KAWAMORI, T.; OHNISHI, M.; OKAMOTO, K.; MORI, H.; HARA,
A. Inhibition of 4-nitroquinoline 1-oxide induced rat tongue carcinogenesis by

Natural Occurring Plant phenolics caffeic, ellagic, chlorogenic, and ferulic acids. *Carcinogenesis*, v.14, p.1321-1325, 1993.

TANAKA, T. Cancer chemoprevention by natural products (Review). *Oncol. Rep.*, v. 11, p.39-155, 1994.

TAOUKIS, P.S.; LABUZA, T.P.; LIN, S.W.; LILLEMO, J.H. Inhibition of enzymic browning. Patent WO 89/11227, 1989.

TERADA, M.; WATANABE, Y.; KUNITOMA, M.; HAYASHI, E. Differential rapid analysis ascorbic acid and ascorbic acid 2-sulfate by dinitrophenylhydrazine method. *Annals of Biochemistry*, v.4, p.604-608, 1979.

THOMPSON, L. U.; YOON, J. H.; JENKINS, D. J. A.; WOLWER, J.; JENKINS, A. L. Relationship between polyphenol intake and blood glucose response of normal and diabetic individuals. *Am. J. Clin. Nutr.*, v. 39, p. 745-751, 1983.

TONG, C.B.; HICKS, K.B. Sulfated polysaccharides inhibit browning of apple juice and diced apples. *J. Agric. Food Chem.*, v.39, p. 1719-1722, 1991.

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

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

TUDELA, J.A.; HERNÁNDEZ, J.A.; GIL, M.I.; ESPÍN, J.C. L- galactono- γ -lactone dehydrogenase activity and vitamin C content in fresh-cut potatoes stored under controlled atmospheres. *J. Agric. Food Chem.*, v.51, p.4296-4302, 2003.

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

VINSON, J. A.; JAN, J.; DABBAGH, Y. A.; Y. A.; SERRY, M. M.; CAI, S. Plant polyphenols exhibit lipoprotein-bound antioxidant activity using an in vitro

oxidation model for heart disease. *J. Agric. Food Chem.*, v.143, p. 2687-2689, 1995.

WATADA, A.E., ABE, K., YAMUCHI, N. Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. *Food Technology*, v.44, p.116-122. 1990.

WEISS, C.; TODD, R.J. Method of inhibiting discoloration of foodstuffs with hydrolysis mixtures of aldonic and sulfites. Patent Number 5,162,127, 1992.

WHITAKER, J.R.; LEE, C.Y. Recent advances in chemistry of enzymatic browning, In: LEE, C.Y.; WHITAKER, J.R. (eds). *Enzymatic Browning and its Prevention*. Washington DC: ACS Symposium Series, 1995, v. 600, p. 2-7.

WILEY, R.C. Minimally processed refrigerated fruits and vegetables. 1ed. Chapman & Hall, 357p. 1994.

ZERIO, E.; FERRO, A.B; SARDELLA, I.N. Oportunidades de comércio para o produtor. Especial Agroindústria. *Hortifruti Brasil*, v.11, p.10-13, 2003.

CAPÍTULO 2
MATERIAIS E MÉTODOS

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi dividido em seis experimentos, realizados na seguinte ordem:

EXPERIMENTO 1:

Avaliou-se o efeito do processamento mínimo e da temperatura de armazenamento na taxa de evolução de CO₂ de batatas de duas cultivares. O experimento foi composto de esquema fatorial 2x2x2x4, constituído por duas cultivares (Ágata e Monalisa), duas temperaturas de armazenamento (5 e 15°C), e duas formas (intacta e minimamente processada na forma de mini-batatas), 4 tempos de avaliação (1, 2, 3, e 4 horas após o processamento), com três repetições.

Material vegetal:

Os tubérculos de batata (*Solanum tuberosum* L.) das cultivares Ágata e Monalisa, classificação “primeirinha”, foram adquiridos na CEASA de Brasília, levados ao Laboratório de Pós-Colheita da Embrapa Hortaliças, selecionados, classificados e lavados em água potável.

Processamento mínimo:

Os tubérculos foram descascados por abrasão em máquina processadora (modelo PCED, Siemsem Ltda.) por 180 segundos em tambor revestido com lixa de 60 mesh e por 36 segundos no segundo tambor revestido com lixa de 100 mesh (Figura 1). A seguir foram enxaguados em água potável, sanitizados em água com 150 ppm de cloro ativo por 5 minutos (Figura 2a) e centrifugados, por 10 minutos, a 800 **g** (Figura 2b).



Figura 1. Máquina processadora (modelo PCED) (a). Batatas no momento do descasque por abrasão no tambor rotativo. Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, 2004 (b).

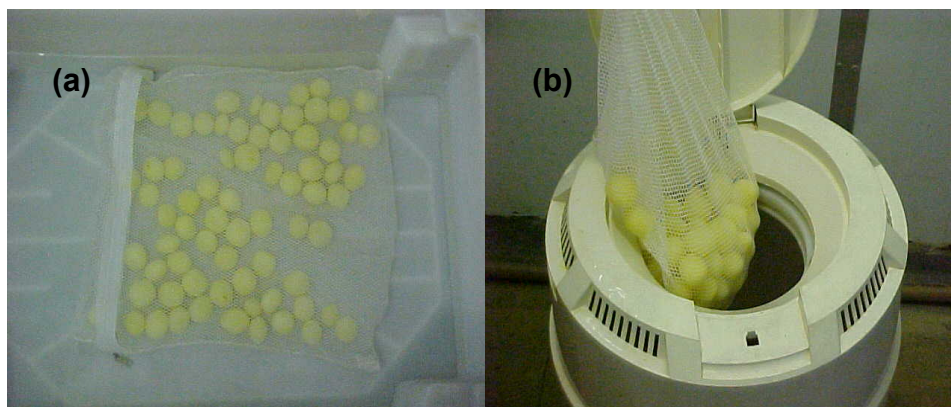


Figura 2. Sanitização de batatas minimamente processadas em solução com 150 mg/L de cloro ativo **(a)**. Centrifugação de batatas minimamente processadas. Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, 2004 **(b)**.

Análise cromatográfica:

As batatas minimamente processadas foram colocadas em frascos hermeticamente fechados (Figura 3) e armazenadas em câmaras frias a temperaturas de 5°C e de 15°C, 90%UR, fazendo-se o mesmo com batatas intactas. Amostras da mistura atmosférica no interior dos frascos foram coletadas com seringa de 1,0 mL após 1, 2, 3 e 4 horas do processamento e analisadas no cromatógrafo a gás (Figura 3b). Após cada coleta, os frascos eram abertos para renovação da atmosfera interna.

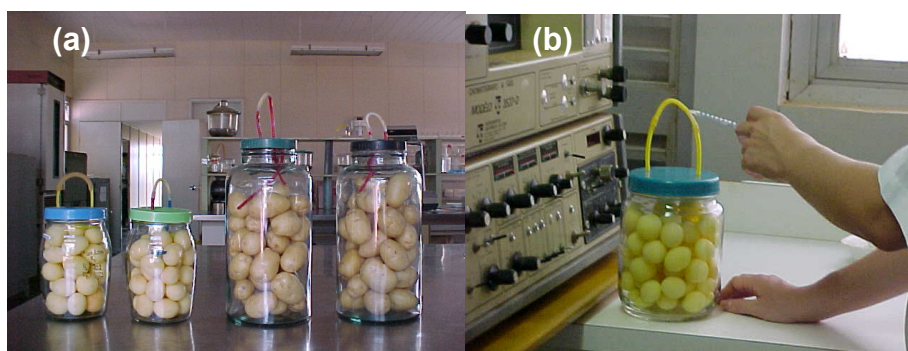


Figura 3. Frascos com batatas minimamente processadas e intactas **(a)**. Coleta de uma amostra da atmosfera interna de frascos de batatas minimamente processadas. Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, 2004 **(b)**.

A altura dos picos no cromatograma foi medida com auxílio de um paquímetro digital e comparada com a altura do pico da injeção de 1,0 mL de uma amostra-padrão composta de 1,0% de CO₂. Para determinação da taxa de evolução de CO₂, utilizou-se a seguinte fórmula:

$$\% \text{ CO}_2 = \frac{\text{média das alturas dos picos da amostra}}{\text{média das alturas dos picos da mistura gasosa padrão.}}$$

$$\text{CO}_2 \text{ (mL.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}) = \% \text{ CO}_2 \times K$$

Em que:

$$K = \text{Volume morto do frasco (mL)} / [\text{massa do produto (kg)} \times 100]$$

Sendo o volume morto = volume do frasco - volume da amostra.

EXPERIMENTO 2

Avaliou-se o efeito do processamento mínimo e da temperatura de armazenamento nas características físicas e químicas de batatas minimamente processadas de duas cultivares. O experimento foi composto em esquema fatorial 2x2x4, sendo as cultivares (Ágata e Monalisa) de batatas minimamente processadas na forma de mini-batatas, armazenadas sob duas temperaturas (5 e 15°C), avaliadas em quatro tempos (0, 3, 6, e 9 dias após o processamento), com três repetições.

Material vegetal:

Batatas (*Solanum tuberosum* L.) das cultivares Monalisa e Ágata, classificação “primeirinha”, foram adquiridas na CEASA de Brasília e levadas ao Laboratório de Pós-Colheita da Embrapa Hortaliças onde foram selecionadas, classificadas e lavadas em água potável.

Processamento mínimo:

Em seguida, os tubérculos foram descascados por abrasão em máquina processadora (modelo PCED, Siemsem Ltda.) por 180 segundos em tambor revestido com lixa de 60 mesh e por 36 segundos no segundo tambor revestido com lixa de 100 mesh. As batatas descascadas foram então enxaguadas em

água potável, sanitizadas em água clorada com 150 ppm de cloro ativo por 5 minutos e centrifugadas, por 10 minutos, a 800 g.

Embalagem e armazenamento:

O material foi posteriormente embalado em *nylon* multicamadas sob vácuo parcial em seladora industrial (Selovac 200B, São Paulo), em porções de 200 gramas (Figura 4), e armazenado sob refrigeração a 5 e 15°C por 9 dias.



Figura 4. Embalagem de batatas minimamente processadas. Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, 2004.

Análises físicas, químicas e bioquímicas:

Os tubérculos minimamente processados foram avaliados a cada 3 dias quanto às seguintes variáveis: firmeza, índice de escurecimento, atividade enzimática da polifenoloxidase e da peroxidase, acidez titulável, sólidos solúveis totais, açúcares solúveis totais, amido e vitamina C total, conforme procedimentos descritos adiante.

EXPERIMENTO 3

Verificou-se a correlação entre algumas variáveis físicas, químicas e sensoriais em batatas 'Ágata' e 'Monalisa' minimamente processadas e analisou-se a variação sensorial de alguns de seus atributos de qualidade durante o armazenamento a 5°C. O experimento foi composto em esquema fatorial 2x4, sendo duas cultivares ('Ágata' e 'Monalisa') de batatas minimamente processadas na forma de mini-batatas, armazenadas, avaliadas em quatro tempos (0, 3, 6, e 9 dias após o processamento), com três repetições.

Material vegetal:

Batatas (*Solanum tuberosum* L.) das cultivares ‘Monalisa’ e ‘Ágata’, classificação “primeirinha”, foram adquiridas na CEASA de Brasília e levadas ao Laboratório de Pós-Colheita da Embrapa Hortaliças onde foram selecionadas, classificadas e lavadas em água potável.

Processamento mínimo:

Em seguida, os tubérculos foram descascados por abrasão em máquina processadora (modelo PCED, Siemsem Ltda.) por 180 segundos em tambor revestido com lixa de 60 mesh e 36 segundos no segundo tambor revestido com lixa de 100 mesh. As batatas descascadas foram então enxaguadas em água potável, sanitizadas em água clorada com 150 ppm de cloro ativo por 5 minutos e centrifugadas, por 7 minutos, a 800 **g**.

Embalagem e armazenamento:

O material foi posteriormente embalado em *nylon* multicamadas sob vácuo parcial em seladora industrial (Selovac 200B, São Paulo), em porções de 200 gramas, e armazenado sob refrigeração a 5°C por 9 dias.

Análises físicas, químicas e bioquímicas:

Os tubérculos minimamente processados foram avaliados a cada 3 dias quanto às seguintes variáveis: firmeza, índice de escurecimento, atividade enzimática da polifenoloxidase e da peroxidase, acidez titulável, sólidos solúveis totais, açúcares solúveis totais, amido e vitamina C total, conforme procedimentos descritos adiante.

Análise sensorial:

Para determinação das medidas sensoriais de firmeza, escurecimento e qualidade global, procedeu-se à Análise Descritiva Quantitativa (ADQ), conforme método descrito adiante.

EXPERIMENTO 4

Avaliaram-se algumas alterações físicas e químicas, decorrentes do processamento mínimo de batatas 'Ágata' embaladas sob diferentes atmosferas modificadas ativas, durante 9 dias de armazenamento do produto.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com 12 tratamentos arranjados em esquema fatorial 3x4 (3 tipos de atmosfera e 4 tempos de armazenamento) com 3 repetições.

Material vegetal:

Batatas (*Solanum tuberosum* L.) das cultivares Monalisa e Ágata, classificação "primeirinha", foram adquiridas na CEASA de Brasília e levadas ao Laboratório de Pós-Colheita da Embrapa Hortaliças onde foram selecionadas, classificadas e lavadas em água potável.

Processamento mínimo:

Em seguida, os tubérculos foram descascados por abrasão em máquina processadora (modelo PCED, Siemsem Ltda.) por 180 segundos em tambor revestido com lixa de 60 mesh e por 36 segundos no segundo tambor revestido com lixa de 100 mesh. As batatas descascadas foram então enxaguadas em água potável, sanitizadas em água clorada com 150 ppm de cloro ativo por 5 minutos e centrifugadas, por 7 minutos, a 800 g.

Embalagem e armazenamento:

O material foi posteriormente embalado em *nylon* multicamadas em seladora industrial (Selovac 200B, São Paulo) em porções de 200 gramas, e armazenado sob refrigeração a 5°C por 9 dias. Os tratamentos aplicados no momento da embalagem foram o vácuo parcial e a aplicação de atmosfera modificada ativa, pela utilização das misturas 10% CO₂, 2%O₂, 88%N₂ ou 5% CO₂, 5%O₂, 90%N₂.

Análises físicas, químicas e bioquímicas:

Os tubérculos minimamente processados foram avaliados a cada 3 dias quanto às seguintes variáveis: firmeza, índice de escurecimento, atividade

enzimática da polifenoloxidase e da peroxidase, acidez titulável e sólidos solúveis totais, conforme procedimentos descritos adiante.

EXPERIMENTO 5

Avaliou-se o efeito de diferentes tratamentos com antioxidantes e atmosferas modificadas nas características físicas e químicas de batatas 'Ágata' minimamente processadas armazenadas a 5°C. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 16 tratamentos provenientes de um fatorial 4x4 (4 combinações de antioxidantes e atmosferas modificadas e 4 tempos de armazenagem), com 3 repetições.

Material vegetal:

Batatas (*Solanum tuberosum* L.) 'Ágata' da classificação "primeirinha" foram adquiridas na Ceasa de Brasília, levadas ao Laboratório de Pós-Colheita da Embrapa Hortaliças, selecionadas, classificadas e lavadas em água potável.

Processamento mínimo:

Tubérculos foram descascados por abrasão em máquina processadora (modelo PCED, Siemsem Ltda.) por 180 segundos em tambor revestido com lixa de 60 mesh e 36 segundos no segundo tambor revestido com lixa de 100 mesh. As batatas descascadas foram enxaguadas em água potável, sanitizadas em água com 150 ppm de cloro ativo por 5 minutos, imersas em soluções antioxidantes por 3 minutos e centrifugadas, por 7 minutos, a 800 g.

Tratamento com antioxidantes:

As soluções antioxidantes usadas foram: 2% de ácido cítrico; 3% de ácido eritrórbico; 2% de ácido cítrico + 3% de ácido eritrórbico; e 5% de ácido eritrórbico + 3% de ácido cítrico.

Embalagem e armazenamento:

O material foi posteriormente embalado em *nylon* multicamadas em seladora industrial (Selovac 200B, São Paulo) em porções de 200 gramas, e armazenado sob refrigeração a 5°C por 9 dias. Os três primeiros tratamentos foram embalados sob atmosfera modificada passiva enquanto o último

tratamento foi embalado sob atmosfera modificada ativa, pela utilização da mistura 10% CO₂, 2%O₂, 88%N₂.

Análises físicas, químicas e bioquímicas:

Os tubérculos minimamente processados foram avaliados cada 3 dias quanto às seguintes variáveis: firmeza, índice de escurecimento, atividade enzimática da polifenoloxidase e da peroxidase, acidez titulável, sólidos solúveis totais, açúcares solúveis totais, amido e vitamina C total, conforme procedimentos descritos adiante.

EXPERIMENTO 6

O objetivo foi determinar a aceitabilidade de batatas minimamente processadas em teste domiciliar, bem como o perfil do consumidor potencial, levantando informações sobre caracterização sócio-econômica e hábitos de consumo de batatas e de produtos minimamente processados. Avaliou-se também a aceitabilidade do produto ao longo de 9 dias de armazenamento em teste sensorial laboratorial.

Material vegetal:

Batatas (*Solanum tuberosum* L.) 'Ágata' da classificação "primeirinha" foram adquiridas na CEASA de Brasília, levadas ao Laboratório de Pós-Colheita da Embrapa Hortaliças, selecionadas, classificadas e lavadas em água potável.

Processamento mínimo:

Tubérculos foram descascados por abrasão em máquina processadora (modelo PCED, Siemsem Ltda) por 180 segundos em tambor revestido com lixa de 60 mesh e 36 segundos no segundo tambor revestido com lixa de 100 mesh. As batatas descascadas foram enxaguadas em água potável, sanitizadas em água com 150 ppm de cloro ativo por 5 minutos, imersas em soluções antioxidantes por 3 minutos e centrifugadas, por 7 minutos, a 800 g.

Tratamento com antioxidantes:

A solução antioxidante usada foi 5% de ácido eritrórbico + 3% de ácido cítrico.

Embalagem e armazenamento:

O material foi posteriormente embalado em *nylon* multicamadas em seladora industrial (Selovac 200B, São Paulo) em porções de 200 gramas, sob atmosfera modificada ativa, pela utilização da mistura 10% CO₂, 2% O₂, 88% N₂, e armazenado sob refrigeração a 5°C por 4 horas, sendo posteriormente submetido à análise sensorial domiciliar ou armazenado sob mesma temperatura por 9 dias, para teste de aceitação laboratorial.

Análise sensorial domiciliar

O teste contou com a participação de 118 consumidores recrutados em três diferentes pontos geográficos do Distrito Federal, dentre eles funcionários, pesquisadores e estagiários da Embrapa Hortaliças, situada no Gama – DF, alunos e professores em nível de pós-graduação da Universidade de Brasília, situada no Plano Piloto e professores das Faculdades da Terra de Brasília, situada no Recanto das Emas – DF, que receberam embalagem de 200g de batatas minimamente processadas e ficha de avaliação (Anexo 1) com caracterização sócio-econômica, hábitos de consumo de batatas e de minimamente processados, aceitabilidade referente às características do produto embalado e teste de aceitação com escala hedônica no produto cozido em domicílio. Os questionários foram posteriormente recolhidos num intervalo de 2 a 7 dias.

Avaliação sensorial laboratorial:

As embalagens de 200g de batatas minimamente processadas foram avaliadas por 30 julgadores não treinados por meio de uma ficha para teste de aceitação com escala hedônica (1- desgostei extremamente; 9- gostei extremamente), conforme modelo do anexo 2. As análises foram efetuadas nos tempos 0, 3, 6 e 9 dias após o processamento.

MÉTODOS ANALÍTICOS

1. Índice de escurecimento

O índice de escurecimento foi determinado por colorimetria $L^*a^*b^*$, por meio da leitura direta no colorímetro Minolta Color Reader CR 10, em que L é a intensidade ou luminosidade, “a” posição do verde (-) para o vermelho (+) no eixo, e “b” a posição do azul (-) para o amarelo (+) no eixo. De cada embalagem de 200 gramas, fez-se a leitura em 3 tubérculos coletados aleatoriamente. Para estimar o escurecimento, o brilho L^* tem sido considerado como o melhor índice de cor e é mais freqüentemente usado. Porém, é recomendado que não se use o brilho L^* isoladamente, mas que se determine um índice relacionado às variações de L^* , a^* e b^* de forma conjunta. O índice de escurecimento, de acordo com Palou et al., (1999) é calculado a partir da fórmula:

$$IE = [100 (X - 0,31)] / 0,172; X = (a + 1,75.L) / (5,645.L + a - 3,021.b)$$

2. Firmeza

Determinada pelo método da aplanação descrito por Calbo & Nery (1995). O aplanador aplica uma força conhecida sobre o tubérculo e permite a medição acurada da área de contato entre a placa compressora e o órgão. A firmeza (Fz) é obtida dividindo-se o peso da ponta de prova (P) em kgf pela área aplanada (A) em m^2 . A área aplanada (A) é estimada com a fórmula de área de uma elipse:

$$A = 0,784 . a . b$$

Onde a = diâmetro maior e b = diâmetro menor da elipsóide

O peso conhecido da ponta de prova é de 10,94 kgf.

Para cada embalagem avaliada foram analisados dois tubérculos coletados aleatoriamente.

3. Açúcares solúveis totais

Determinado pelo método espectrofotométrico descrito por Dubois *et al.* (1956). A análise foi feita em triplicatas. Pesou-se a amostra com metades de quatro tubérculos coletados aleatoriamente da embalagem de 200 gramas e homogeneizou-se. Centrifugou-se o homogenato a 1.500 rpm por 20 minutos a 15 °C e filtrou-se o sobrenadante. Retirou-se 1 mL do filtrado e completou-se o balão volumétrico para 50 mL com água destilada. Retirou-se 1 mL da solução e acrescentou-se 0,5 mL de fenol a 5%, agitando-se vigorosamente. Acrescentaram-se 2,5 mL de ácido sulfúrico e agitou-se novamente. A amostra foi lida na absorvância a 490 nm. Os resultados foram expressos em gramas de açúcar total por quilo de polpa de batata.

4. Atividade enzimática da polifenoloxidase e peroxidase

As atividades das enzimas polifenoloxidase e peroxidase foi determinada segundo o método descrito por Flurkey & Jen (1978), com análises feitas em triplicata.

a) Procedimento para extração de polifenoloxidase e peroxidase

O procedimento foi realizado a 4°C. Tomaram-se 10 g de tecido (polpa fresca), ressuspenderam-se em 90 ml de tampão fosfato 0,05 M pH 7,0, para conservar o pH da enzima, homogeneizou-se por 3 minutos em politron. Filtrou-se em papel Whatman nº 1, centrifugando-se logo em seguida (10.000 rpm/ 10 minutos). O sobrenadante constituiu-se a fonte enzimática.

b) Determinação da atividade da polifenoloxidase ou PFO (unidades/min/g de tecido)

Foi retirado 0,5 ml do extrato enzimático, adicionou 1,8 ml de tampão fosfato 0,1 M (pH 7,0) e 0,05 ml de catecol 10 mM. Incubou-se durante 30 minutos a 30°C. A reação foi interrompida adicionando 0,8 ml de ácido

perclórico 2N. A leitura dos valores de absorvância foi feita em espectrofotômetro, no comprimento de onda de 395 nm.

c) Determinação da atividade da peroxidase ou POD (unidades/min/g de tecido)

Foram retirados 3,0 ml do extrato enzimático, o mesmo preparado para polifenoloxidase, adicionaram-se 5,0 ml de tampão fosfato-citrato 0,1 M (pH 5,0), 0,5 ml de H₂O₂ 3% e 0,5 ml de Guaiacol. Incubou-se durante 5 minutos a 30°C. A reação foi interrompida adicionando-se 1,0 ml de Bissulfito de sódio 30%. A leitura dos valores de absorvância foi feita em espectrofotômetro, no comprimento de onda de 470 nm.

5. Teor de amido

Determinação feita a partir de adaptação realizada no método de Ranganna (1986), com análise feita em triplicata. Foram pesados 4 gramas de polpa de batata, adicionados 20 mL de etanol 80% a 50 °C, 0,05 gramas de CaCO₃ e homogeneizados. Foram realizadas 3 centrifugações a 5.000 rpm durante 5 minutos a 15°C, sempre descartando o sobrenadante. Ao resíduo foram adicionados 2,5 mL de água destilada e 3,25 mL de ácido perclórico 52%, agitou-se e deixou-se descansar por 30 minutos. Após o repouso, o material foi centrifugado a 15.000 rpm durante 20 minutos a 15 °C. Essa operação foi realizada três vezes. Todo sobrenadante foi passado para um balão volumétrico que depois foi completado para 50 mL com água destilada. Retirou-se alíquota de 0,5 mL para determinar o açúcar total pelo método colorimétrico descrito por Dubois *et al.* (1956). O resultado final foi multiplicado por 0,9 para se obter a quantidade de amido por quilo de polpa de batata.

6. Teor de vitamina C total

Foi determinada segundo metodologia descrita por Terada *et al.* (1979), modificada por Nunes *et al.* (1995), com análise realizada em triplicata. Pesaram-se dois gramas de tecido fresco e misturaram-se com 18 ml de mistura ácida. Centrifugou-se a 15.000 rpm por 20 minutos, a 4 °C e filtrou-se o sobrenadante. Pipetou-se 1 ml e adicionaram-se a esse volume 5 microlitros de 2,6 diclorofenolindofenol 0,2%, agitou-se e incubou-se à temperatura ambiente

por uma hora. Adicionou-se 1 mL de tiouréia 2% e agitou-se bem. Foram adicionados 0,5 mL de dinitrofenilhidrazina 2% (exceto no branco), misturou-se e deixou-se em banho-maria por três horas a 60 °C, exceto o branco. Colocou-se em banho de gelo e adicionaram-se cuidadosamente 2,5 mL de H₂SO₄ gelado (inclusive no branco) e agitou-se. Adicionou-se 0,5 mL de dinitrofenilhidrazina 2% ao branco e agitou-se. Foi lida na absorvância a 540 nm à temperatura ambiente. Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100 g de polpa de batata.

7. Sólidos Solúveis Totais – SST

Determinação por refratometria, a partir do exsudato das amostras congeladas e descongeladas em refratômetro digital com compensação de temperatura automática a 25°C, expresso em °Brix, segundo a técnica da AOAC (1992). A análise foi feita em triplicata.

8. Acidez titulável

A acidez titulável do produto foi mensurada, usando-se o método de titulação em pH 8,2 com 0,1N NaOH com auxílio de um pHmetro HI8014 (Hanna Instruments) e de aparelho para determinação de acidez- Brinmann. Os resultados foram expressos em % de ácido cítrico por 100 gramas de polpa de batata.

9. Análise Descritiva Quantitativa (ADQ)

Referente ao experimento 3, a ADQ foi realizada com a finalidade de quantificar a variação sensorial em atributos de qualidade importantes de batatas minimamente processadas. Quinze provadores foram inicialmente selecionados por meio de uma ficha de recrutamento (anexo 3) e de testes de ordenação de amostras para intensidade de escurecimento de batatas (anexo 4), com aceitação dos candidatos que ordenassem corretamente todas as amostras ou invertessem apenas pares adjacentes para o atributo (Ferreira et al., 1999). Após o treinamento com amostras-referência, foi testada a habilidade dos julgadores de discriminar as amostras ($F_{amostra} > 0,5$) e de repetitividade das avaliações ($F_{repetição} < 0,05$), por meio de ANOVA,

selecionando-se dez julgadores para a análise propriamente dita. A equipe definitiva realizou a avaliação final das batatas em cabines individuais, com auxílio da ficha indicada no anexo 5, servindo-se 4 amostras por sessão, em duas sessões, sendo as amostras codificadas com 3 dígitos aleatórios. Cada sessão correspondia a uma cultivar ('Ágata' ou 'Monalisa') e continha embalagens de 200 gramas de batatas minimamente processadas, nos tempos 0, 3, 6 e 9 dias de armazenamento. O delineamento experimental foi de blocos completos casualizados. Os dados foram tratados estatisticamente por ANOVA e a comparação de médias determinada pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

10. Análise Estatística

Os dados obtidos em cada análise foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste da diferença mínima significativa ($p \leq 0,05$). Para a análise de correlação do experimento 3, os dados obtidos das análises físicas, químicas e sensoriais foram submetidos às análises de correlação produto-momento de Pearson, com nível de significância de 5%. Para todas as análises, utilizou-se o programa Statistica 5.0.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry. 12.ed. Washington: A.O.A.C., 1992. 1015p.

CALBO, A.G.; NERY, A.A. Medida de firmeza em hortaliças pela técnica de aplanção. *Horticultura Brasileira*, v.13, n.01, p.14-18, 1995.

DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P.A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.* v.28, p. 350-356, 1956.

FERREIRA, V.L.P.; ALMEIDA, T.C.A.; PETTINELLI, M.L.C.V.; SILVA, M.A.A.P.; BARBOSA, E.M.M. Análise sensorial: testes discriminativos e afetivos. PROFQUA/SBCTA. Campinas, 1999.110p.

FLURKEY, W.H.; JEN, J. Peroxidase and polyphenoloxidase activities in developing peaches. *J. Food Science*, v.43, p.1826-1828, 1978.

NUNES, M.C.N.; BRECHT, J.K.; MORAIS, A.M.M.B.; SARGENT, S.A. Physical and chemical quality characteristics of strawberries after storage are reduced by a short delay to cooking. *Post-harvest Biology and Technology*, v.6: p.17-28, 1995.

PALOU, E.; LOPEZ-MALO, A.; BARBOSA-CÁNOVAS, G.V.; WELTI-CHAVES, J.; SWANSON, B.G. Polyphenol oxidase activity and color of blanched and high hydrostatic pressure treated banana puree. *Journal of Food Science*, v.64, p.42-45, 1999.

RANGANNA, S. Handbook of analysis and quality control for fruits and vegetables products. Tata Mcgraw Publishers, New Delhi, 1986. p.106-107.

TERADA, M.; WATANABE, Y.; KUNITOMA, M.; HAYASHI, E. Differential rapid analysis ascorbic acid and ascorbic acid 2-sulfate by dinitrophenylhydrazine method. *Annals of Biochemistry*, v.4, p.604-608, 1979.

CAPÍTULO 3

**ATIVIDADE RESPIRATÓRIA DE BATATAS 'ÁGATA' E
'MONALISA' MINIMAMENTE PROCESSADAS ARMAZENADAS
A 5 E 15°C¹.**

ATIVIDADE RESPIRATÓRIA DE BATATAS 'ÁGATA' E 'MONALISA' MINIMAMENTE PROCESSADAS ARMAZENADAS A 5 E 15°C.

RESUMO

Avaliou-se o efeito do processamento mínimo e da temperatura de armazenamento na taxa respiratória (TR) de tubérculos de duas cultivares de batatas (*Solanum tuberosum* L.). Tubérculos das cultivares 'Ágata' e 'Monalisa', classificação "primeirinha", foram minimamente processados na forma de mini-batatas e colocados em frascos hermeticamente fechados e armazenados a 5 e a 15°C, 90%UR, fazendo-se o mesmo com batatas intactas. Amostras da mistura atmosférica no interior dos frascos foram coletadas com seringa de 1,0 mL após 1, 2, 3 e 4 horas do processamento e analisadas no cromatógrafo a gás. O efeito do processamento na atividade respiratória pôde ser observado em ambas as temperaturas; as batatas processadas apresentaram em média um aumento na TR de 77% para 'Ágata' e 30% para 'Monalisa' em relação a batatas intactas a 5°C, enquanto a 15°C esse aumento foi de 85% e 68%, para 'Ágata' e 'Monalisa', respectivamente. Batatas processadas armazenadas a 15°C apresentaram TR em média 66% maior do que as armazenadas a 5°C, no caso da cultivar 'Ágata' e 92% maior no caso da 'Monalisa'. Foi verificado que as batatas processadas e armazenadas a 5°C apresentaram uma redução significativa na TR com o tempo, passando de 7,1 mgCO₂.kg⁻¹.h⁻¹ ('Ágata') e 6,44 mgCO₂.kg⁻¹.h⁻¹ ('Monalisa') após a primeira hora para 3,45 mgCO₂.kg⁻¹.h⁻¹ ('Ágata') e 3,64 mgCO₂.kg⁻¹.h⁻¹ ('Monalisa') ao final da quarta hora, evidenciando a eficácia desta temperatura no controle da atividade metabólica. Concluiu-se que o processamento promoveu aumento significativo na atividade respiratória das batatas, fazendo-se necessárias técnicas apropriadas para controle de seus efeitos deletérios sobre a qualidade do produto, sendo a temperatura de 5°C considerada importante para este fim.

Palavras-chave: *Solanum tuberosum* L., processamento mínimo, atividade respiratória, temperatura de armazenamento.

RESPIRATORY ACTIVITY OF 'AGATA' AND 'MONALISA' FRESH CUT POTATOES STORED AT 5 AND 15°C

ABSTRACT

The effect of minimal processing and storage temperature in the respiration rate (RR) was evaluated in two potato cultivars. Potatoes (*Solanum tuberosum* L.) of cultivars 'Agata' and 'Monalisa', grading "primeirinha", were minimally processed as baby potatoes placed in sealed containers, closed and stored at 5 and 15°C, 90%UR. The same procedure was carried out with intact potatoes. Samples of the headspace were collected with 1,0 mL syringe after 1, 2, 3 and 4 hours of processing and analyzed in the gas chromatograph. The effect of processing in the respiratory activity could be observed in both temperatures, and processed potatoes presented, in average, an increase in the RR of 77% for 'Agata' and 30% for 'Monalisa' in relation to intact potatoes at 5°C, whereas at 15°C this increase was of 85% and 68%, for 'Agata' and 'Monalisa', respectively. Processed potatoes stored at 15°C showed higher RR, in average 66% for 'Agata' and 92% for 'Monalisa', stored at 5°C. The effectiveness of this temperature to control the metabolism was evident for potatoes processed and stored 5°C, which had a significant reduction in the RR with the time, shifting from 7,1 mgCO₂.kg⁻¹.h⁻¹ (Agata) and 6,44 mgCO₂.kg⁻¹.h⁻¹ (Monalisa) after the first hour to 3,45 mgCO₂.kg⁻¹.h⁻¹ (Agata) and 3,64 mgCO₂.kg⁻¹.h⁻¹ (Monalisa) in the end of the fourth hour. It was concluded that processing promoted significant increase in the respiratory activity of potatoes. Appropriate techniques to control its deleterious effect on product quality, such as storage temperature of 5°C, are considered efficient for that purpose.

Keywords: *Solanum tuberosum* L., minimal processing, respiratory activity, storage temperature.

1. INTRODUÇÃO

A aplicação de tecnologias de processamento mínimo aumenta a perecibilidade das frutas e hortaliças devido ao aumento da atividade metabólica e descompartimentalização de enzimas e substratos, podendo causar escurecimento, perda de firmeza e desenvolvimento de *sabores e odores desagradáveis*.

Em função de as diversas etapas do processamento mínimo de hortaliças envolverem injúrias mecânicas, o metabolismo desses produtos minimamente processados é bastante similar àquele de frutas e hortaliças submetidas a diferentes estresses mecânicos (Brecht, 1995). Tais estresses contribuem, de maneira decisiva, para a redução da vida de prateleira dos produtos (Cantwell, 1992), além de modificarem atributos sensoriais em função de alterações em diversos processos degradativos associados à senescência dos tecidos (Wiley, 1994).

Dentre as diferentes alterações, muitos autores observaram aumento na taxa respiratória e da síntese de etileno (Brecht, 1995; Moretti *et al.*, 1998; 2000; 2002a), perda de água (Calma *et al.*, 1984), alterações no sabor e aroma (Moretti & Sargent, 2000), nos compostos voláteis (Moretti *et al.*, 2002b) e aumento da atividade de enzimas relacionadas com escurecimento enzimático, como a fenilalanina amônia-liase (Ke & Saltveit, 1989), a polifenoloxidase (Bower & Van Lelyveld, 1985; Nicoli *et al.*, 1994), e a peroxidase, bem como a lignificação da parede celular e a degradação microbiológica (Ahvenainen, 1996; Brecht, 1995; Kim *et al.*, 1994; Nicoli *et al.*, 1994 e Rolle & Chrism, 1987).

Muitos fatores afetam a intensidade da resposta fisiológica ao processamento mínimo, dentre os quais citam-se a espécie e a variedade, o estágio de maturidade fisiológica, a extensão dos danos mecânicos, a temperatura, o déficit de pressão de vapor d'água e as concentrações de O₂ e CO₂ no meio (Brecht, 1995). O aumento da atividade respiratória é um efeito fisiológico estimulado pelo processamento mínimo e está inversamente relacionado com a vida de prateleira do produto (Watada *et al.*, 1990). O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do processamento mínimo e da temperatura de armazenamento na taxa de evolução de CO₂ de batatas minimamente processadas de duas cultivares.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Material vegetal:

Os tubérculos de batata (*Solanum tuberosum* L.) das cultivares Ágata e Monalisa, classificação primeirinha, foram adquiridas na CEASA de Brasília, levados ao Laboratório de Pós-Colheita da Embrapa Hortaliças, selecionados, classificados e lavados em água potável.

Processamento mínimo:

Os tubérculos foram descascados por abrasão em máquina processadora (modelo PCED, Siemsem Ltda.) por 180 segundos em tambor revestido com lixa de 60 mesh e por 36 segundos no segundo tambor revestido com lixa de 100 mesh. As batatas descascadas foram enxaguadas em água potável, sanitizadas em água com 150 ppm de cloro ativo por 5 minutos e centrifugadas, por 10 minutos, a 800 **g**.

Análise cromatográfica:

As batatas minimamente processadas foram colocadas em frascos hermeticamente fechados e armazenadas em câmaras frias a 5 e a 15°C, 90%UR, fazendo-se o mesmo com batatas intactas. Amostras da mistura atmosférica no interior dos frascos foram coletadas com seringa de 1,0 mL após 1, 2, 3 e 4 horas do processamento e analisadas no cromatógrafo a gás. Após cada coleta, os frascos eram abertos para renovação da atmosfera interna.

A altura dos picos no cromatograma foi medida com auxílio de um paquímetro digital e comparados com a altura do pico da injeção de 1,0 mL de uma amostra-padrão composta de 1,0% de CO₂. Para determinação da taxa respiratória (TR), utilizou-se a seguinte fórmula:

$$\% \text{ CO}_2 = \frac{\text{médias das alturas dos picos da amostra}}{\text{médias das alturas dos picos da mistura gasosa padrão}} \times 100$$

$$\text{CO}_2 \text{ (mL.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}) = \% \text{ CO}_2 \times K$$

Em que:

$$K = \text{Volume morto do frasco (mL)} / [\text{massa do produto (kg)} \times 100]$$

Sendo o volume morto = volume do frasco - volume da amostra.

Análise estatística

O experimento foi composto de esquema fatorial 2x2x2x4, constituído por duas cultivares (Ágata e Monalisa), duas temperaturas de armazenamento (5 e 15°C), e duas formas (intacta e minimamente processada na forma de mini-batatas), 4 tempos de avaliação (1, 2, 3, e 4 horas após o processamento), com três repetições. Os dados obtidos em cada análise foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste da diferença mínima significativa ($p \leq 0,05$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O efeito do processamento na atividade respiratória pôde ser observado em ambas as temperaturas.

Para a cultivar 'Ágata' observou-se que batatas processadas apresentaram um aumento na TR entre 54 e 81% em relação a batatas intactas a 5°C, enquanto a 15°C esse aumento variou entre 70 e 105%. Batatas processadas armazenadas a 15°C apresentaram TR em média 42% maior do que as armazenadas a 5°C na primeira hora, e 94% maior na quarta hora. Foi verificado que batatas processadas e armazenadas a 5°C apresentaram uma redução significativa na TR com o tempo, passando de 7,1 mgCO₂.kg⁻¹.h⁻¹ após a primeira hora para 3,64 mg CO₂.kg⁻¹.h⁻¹ ao final da quarta hora, conforme mostrado na figura 1.

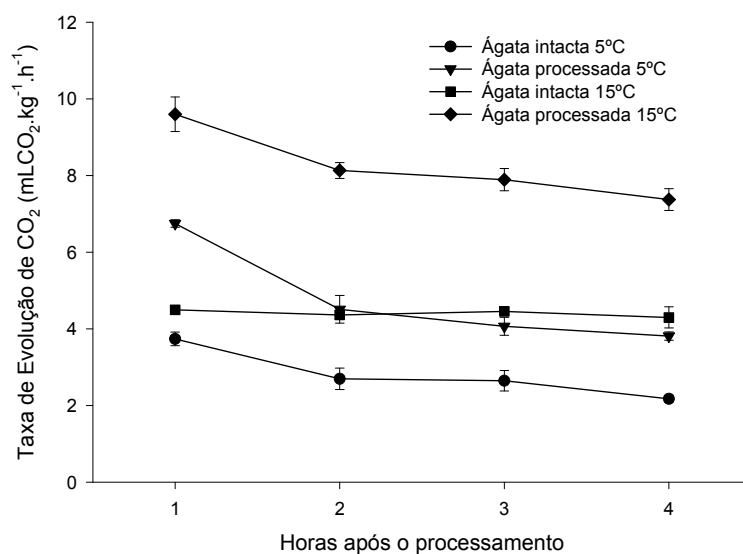


Figura 1. Taxa de evolução de CO₂ de batatas ‘Ágata’ intactas e minimamente processadas a 5 e 15°C. Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, 2004. Barras verticais representam o desvio-padrão da média.

Na cultivar ‘Monalisa’ foi observado comportamento semelhante em relação aos efeitos da temperatura e do processamento. Todavia verificou-se diferença nas magnitudes das respostas. Batatas processadas apresentaram TR entre 2 e 66% maior em relação a batatas intactas a 5°C, enquanto a 15°C esse aumento variou entre 30 e 150%. Batatas processadas armazenadas a 15°C apresentaram TR entre 88 e 173% maior do que as armazenadas a 5°C. Observou-se que batatas processadas e armazenadas a 5°C apresentaram redução significativa na TR com o tempo, passando de 6,44mgCO₂.kg⁻¹.h⁻¹ após a primeira hora para 3,45 mgCO₂.kg⁻¹.h⁻¹ ao final da quarta hora, evidenciando a eficácia desta temperatura no controle da atividade metabólica (Figura 2).

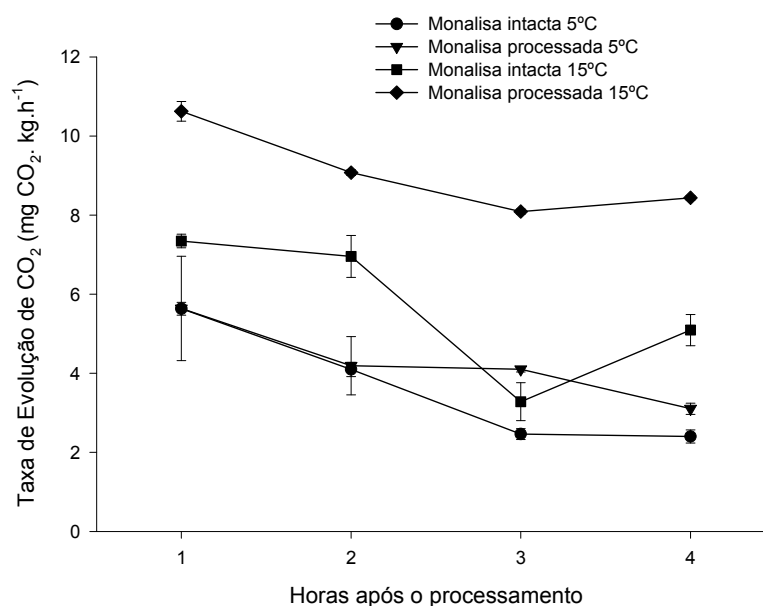


Figura 2. Taxa de evolução de CO₂ de batatas 'Monalisa' intactas e minimamente processadas a 5 e 15°C. Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, 2004. Barras verticais representam o desvio-padrão da média.

A TR de hortaliças minimamente processadas é influenciada pela temperatura, pela composição gasosa da atmosfera e pela extensão da injúria no tecido vegetal. Gunes & Lee (1997) observaram que o descasque seguido de corte aumentou a TR de batatas. Batatas intactas apresentaram TR de 1,22mL CO₂.kg⁻¹.h⁻¹ a 2°C, enquanto batatas descascadas e fatiadas apresentaram uma taxa de 2,55 e 6,1 mL CO₂.kg⁻¹.h⁻¹, respectivamente. Sugere-se que a maior taxa respiratória em batatas fatiadas possa ser resultado da remoção da periderme e de outras barreiras físicas à difusão de gases (Rolle & Chrism, 1987) e da degradação das membranas celulares, levando à oxidação de ácidos graxos livres, com liberação de CO₂ (Brecht, 1995). A temperatura exerce grande influência na TR, podendo-se observar que uma variação, no armazenamento, de 2°C para 10°C pode acarretar um aumento de 200% na taxa respiratória de batatas em palitos (Gunes & Lee, 1997).

Cantwell (2000) recomenda estocagem entre 0 e 5°C, para manter qualidade e segurança dos produtos minimamente processados. Entretanto, vegetais sensíveis ao frio apresentam maior vida de prateleira se estocado

entre 2-3°C. Considerando-se que as reações bioquímicas são catalisadas por enzimas, as alterações bioquímicas em produtos minimamente processados são, em parte, consequência do efeito da temperatura na atividade enzimática (Lei de Arrhenius). A temperatura ótima de estocagem é aquela que minimiza a senescência dos tecidos e também retarda a descompartimentalização celular.

O *Sidney Post harvest Laboratory & Food Science* (2001) recomenda o intervalo de 4 a 7°C como ótimo para armazenamento de batatas *in natura*, estando de acordo com alguns trabalhos realizados com batatas minimamente processadas, que também utilizam temperaturas de armazenamento dentro desse intervalo para o produto (Tudela *et al.*, 2003, 2002a, 2002b; Cantos *et al.*, 2002, Cacace *et al.*, 2002; Buta & Moline, 2001; Laurila *et al.*, 1998; Ahvenainen *et al.*, 1998; Maga, 1995; Chassery & Gormley, 1994; Weiss & Todd, 1992; Sapers & Miller, 1995, 1993, 1992; Gardner *et al.*, 1991; Cherry & Singh, 1990).

A vida de prateleira de batatas minimamente processadas é dependente das características do produto; o tipo de corte, o tratamento antiescurecimento, a embalagem e a temperatura de armazenamento são os principais fatores que determinam sua durabilidade. As combinações dessas características implicam tempos de validade que variam de 7 dias (Sapers & Miller, 1992) a até mais de 58 dias (Maga, 1995).

4. CONCLUSÕES

O processamento mínimo promoveu aumento significativo na TR das batatas de ambas as cultivares. A redução da temperatura de 15 para 5°C foi eficaz na redução da atividade respiratória dos tubérculos, confirmando a importância da cadeia do frio para a manutenção da qualidade de batatas minimamente processadas.

Faz-se, ainda, necessária a avaliação dos efeitos da variação da taxa metabólica, acarretada pelo processamento mínimo e pela refrigeração, em importantes características físicas, químicas, nutricionais e sensoriais das batatas minimamente processadas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

AHVENAINEN, R. New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. *Trends Food Sci. Tech.*, v.7, p. 179-187. 1996.

BOWER, J.P.; VAN LELYVELD, L.J. The effects of stress history and container ventilation on avocado fruits polyphenol oxidase activity. *J. Horticultural Science*, v.60, p.545-547, 1985.

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

BUTA, J.G.; MOLINE, H.E. (2001) Prevention of Browning of Potato Slices Using Polyphenol Oxidase Inhibitors and Organic Acids *Journal of Food Quality*. 24 (4): 271-282.

CACACE, J.E.; DELAQUIS, P.J.; MAZZA, G. Effect of chemical inhibitors and storage temperature on the quality of fresh-cut potatoes. *J. Food Quality*, v. 25, n.3, p. 181-196, 2002.

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

CANTWELL, M. Preparation and Quality of Fresh Cut Produce. In: ENCONTRO NACIONAL DE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2, Viçosa, 2000. Palestras, Viçosa: UFV, 2000. p.110

CHASSERY, S.; GORMLEY, T.R. Quality and Shelf life of Pre-Peeled Vacuum Packed Potatoes. *Farm & Food*, n.2, 30-32, 1994.

CHERRY, J.H.; SINGH, S.S. Discoloration Preventing Food Preservative and Method. Patent Number: 4,937,085, 1990.

CANTWEL, M., Post harvest handling systems: minimally processed fruits and vegetables. In: KADER, A.A. (Ed). Post harvest technology of horticultural

crops. 2ed University of California, Division of horticultural and natural resources, Davis, Publ., p. 273-281, 1992.

CHUMA, Y.; MURATA, S.; IWAMOTO, M. et al. Donner strawberry transportation in refrigerated truck for 700 kilometers. *Annals of Agricultural Engineering Society*, v.45, p.292-297, 1984.

GARDNER, J.; MANOHAR, S; BORISENOK, W.S.; Sulfite-free Preservative for Fresh Peeled Fruits and Vegetables. Patent Number 4: 998,523, 1991.

GUNES, G.; LEE, C.Y. Colour of minimally processed potatoes as affected by modified atmosphere and ant browning agents. *J. Food Science*, v. 62, p. 572-575,582, 1997.

KIM, D.M., SMITH, N.L., LEE, Y.C. Quality of minimally processed apple slices from selected cultivars. *J. Food Science*, v. 58, n. 5, p. 1115-7, 1994.

LAURILA, E.; HURME, E.; AHVENAINEN, R. The shelf life of sliced raw potatoes of various cultivar varieties-substitution of bisulfites. *Journal of Food Protection*, v.61, n.10, 1363-1386, 1998.

MAGA, J.A. Influence of dips, modified atmospheric packaging, and storage time on the enzymatic discoloration of processed raw potatoes. In: Charambolous, G. (Ed) *Food Flavors: generation analysis and process influence*. Amsterdam, Netherlands; Elsevier Science Publishers BV,1995, p.491-496.

MORETTI, C.L. Desenvolvimento de tecnologia de processamento mínimo de hortaliças: agregação de valor, sustentabilidade ambiental e geração de renda para a agroindústria familiar, vigência:2003 – 2005, Banco Mundial / Embrapa, Brasília, 2003.

MORETTI, C.L.; MOROUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C. Respiratory activity and browning of minimally processed sweet potatoes. *Horticultura Brasileira*, v.20, p.497-500, 2002a.

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

MORETTI, C.L.; SARGENT, S.A. Alteração de aroma e sabor em frutos de tomate com desordem fisiológica causada por impacto. *Scientia Agrícola*, v.57, p.385-388, 2000.

MORETTI, C.L.; SARGENT, S. A.; HUBER, D. J. Chemical composition and physical properties of pericarp, locule and placental tissues of tomatoes with internal bruising. *J. American Society for Horticultural Science*, v.123, p.656-660, 1998.

NICOLI, M.C., ANESE, M., SEVERINI, C. Combined effects in preventing enzymatic browning reactions in minimally processed fruit. *J. Food Quality*, v. 17, p. 221-229, 1994.

ROLLE, R., CHRISM, G.W., Physiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. *J. Food Quality*, v.43, p.274-276. 1987.

SAPERS, G.M.; MILLER, R.L. Enzymatic Browning Control in Potato with Ascorbic Acid-2- Phosphates. *Journal of Food Science*, v.57, p. 1132-1135, 1992.

SAPERS, G.M.; MILLER, R.L., Control of enzymatic browning in pre-peeled potatoes by surface digestion. *Journal of Food Science*, v.58, p.1076-1078, 1993.

SAPERS, G.M.; MILLER, R.L. Heated Ascorbic/ Citric Acid Solution as Browning Inhibitors for Pre-Peeled Potatoes. *Journal of Food Science*, v. 60, p. 762-766, 776, 1995.

SIDNEY POSTHARVEST LABORATORY & FOOD SCIENCE AUSTRALIA Optimal Fresh. The Fruit, Vegetable and Fresh Produce Expert System. Disponível em www.publish.csiro.au . Acesso em 12/07/2001.

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

TUDELA, J.A.; CANTOS, E.; ESPÍN, J.C.; TOMÁS-BARBERÁN, F.A., GIL, M.I. Induction of Antioxidant Flavonol Biosynthesis in Fresh-Cut Potatoes. Effect of Domestic Cooking. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 50, p.5925-5931, 2002b.

TUDELA, J.A.; HERNÁNDEZ, J.A.; GIL, M.I.; ESPÍN, J.C. L- galactono- γ -lactone dehydrogenase activity and vitamin C content in fresh-cut potatoes stored under controlled atmospheres. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, v.51, p.4296-4302, 2003.

WATADA, A.E., ABE, K., YAMUCHI, N. Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. *Food Technology*, v.44, p.116-122. 1990.

WEISS, C.; TODD, R.J. Method of Inhibiting Discoloration of Foodstuffs with Hydrolysis Mixtures of Aldonic and Sulfites. Patent Number 5,162,127, 1992.

WILEY, R.C. Minimally processed refrigerated fruits and vegetables. New York, Chapman & Hall, 368 p. 1994.

CAPÍTULO 4

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA E NUTRICIONAL DE BATATAS 'ÁGATA' E 'MONALISA' MINIMAMENTE PROCESSADAS ARMAZENADAS A 5 E 15°C ¹.

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA E NUTRICIONAIS DE BATATAS
'ÁGATA' E 'MONALISA' MINIMAMENTE PROCESSADAS ARMAZENADAS
A 5 E 15°C**

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi caracterizar química, física e nutricionalmente batatas minimamente processadas durante o armazenamento refrigerado. Batatas (*Solanum tuberosum*, L.) 'Ágata' e 'Monalisa' foram minimamente processadas como mini batatas. Após o processamento, as batatas foram embaladas sob vácuo parcial e armazenadas em câmaras frias a 5 e 15°C, por 9 dias. A cada 3 dias foram avaliadas as variáveis firmeza, atividade da polifenoloxidase e peroxidase, teores de açúcares solúveis totais, amido e vitamina C total. Para as batatas armazenadas a 15°C constatou-se que, após 9 dias de armazenamento, a firmeza era 3,3 vezes menor em batatas 'Monalisa' e 4,3 vezes menor para a cultivar 'Ágata', quando comparadas com o produto recém processado. A atividade da polifenoloxidase mostrou-se praticamente estável em batatas 'Monalisa' armazenadas a 5°C. Batatas 'Monalisa' minimamente processadas apresentaram maior atividade da peroxidase a 5°C, sendo 86% maior do que a atividade desta enzima em batatas 'Ágata' ao final do período experimental. O teor inicial de açúcares solúveis totais nas batatas minimamente processadas era 28% maior na cultivar Monalisa quando comparada com tubérculos de 'Ágata'. As duas cultivares apresentaram tendência de elevação do teor de amido nos primeiros 3 dias, para as duas temperaturas estudadas. Para ambas as cultivares, o armazenamento a 5°C possibilitou maior manutenção dos teores de vitamina C.

Palavras-chave: amido, açúcares totais, enzimas, peroxidase, polifenoloxidase, processamento mínimo.

¹ Encaminhado para publicação na forma de artigo em dezembro de 2004 na revista Ciência e Tecnologia de Alimentos (ISSN 0101 – 2061, nível A/nacional).

CHEMICAL, PHYSICAL AND NUTRITIONAL CHARACTERIZATION OF FRESH-CUT POTATOES

ABSTRACT

The present work was carried out aiming to evaluate chemical, physical and nutritional characteristics of fresh-cut potatoes stored under 5 and 15°C. Potatoes, (*Solanum tuberosum* L.) 'Agata' and 'Monalisa' were minimally processed as baby potatoes. After processing, the material was packed under partial vacuum and stored at 5 and 15°C for 9 days. Every 3 days tubers were evaluated for firmness, enzymatic activity (polyphenoloxidase and peroxidase), total soluble sugars, starch, and total vitamin C. After 9 days of storage, 'Monalisa' and 'Agata' potatoes stored under 15°C had a firmness that was 3.3 and 4.3 times lower than the same product right after processing. Polyphenoloxidase activity was approximately stable during the storage period for 'Monalisa' potatoes stored under 5°C. Fresh-cut 'Monalisa' potatoes had the highest peroxidase activity at 5°C, being 86% higher than 'Agata' potatoes at 9 days of storage. For total soluble sugars, 'Monalisa' potatoes had 28% more sugars than 'Agata' right after processing. Both cultivars showed a tendency to increase starch content on the first 3 days of storage, for both temperatures studied. For both cultivars, it was verified that storage at 5°C allowed higher retention of total vitamin C content.

Keywords: enzymes, minimal processing, peroxidase, polyphenoloxidase, starch, sugars.

1.INTRODUÇÃO

A batata (*Solanum tuberosum* L.), quarto alimento mais consumido no mundo, está entre os dez principais produtos agrícolas brasileiros e é a hortaliça mais importante para a economia nacional, com faturamento superior a 1,4 bilhão de reais (IBGE, 2002). Apesar da incontestável importância da cadeia da batata para o agronegócio brasileiro, a industrialização desta hortaliça é ainda incipiente em nível nacional, dando margem a um grande volume de importações do produto processado. O processamento mínimo tem sido considerado uma das alternativas de agregação de valor à batata brasileira bem como de redução da importação do produto congelado.

Produtos minimamente processados podem ser definidos como frutas ou hortaliças, ou combinação destas, que tenham sido fisicamente alterados, mas que permaneçam no estado fresco (IFPA, 1999). No Brasil, a comercialização de batatas minimamente processadas ainda é incipiente. Atualmente, o produto pode ser encontrado na forma palito, embalado sob vácuo parcial, nas gôndolas de alguns supermercados. O maior problema que este produto apresenta é o “encharcamento” das embalagens e perda da firmeza, provavelmente devido ao uso de cultivares com teores muito baixos de matéria seca, predominantes na produção nacional, e às temperaturas das gôndolas refrigeradas, em torno de 15°C, insuficientes para manutenção das suas características (Nascimento *et al.*, 2003).

Apesar desses problemas, a tendência é a expansão do segmento, considerando-se o consumo *per capita* de batata no país de 14,3kg.hab⁻¹.ano⁻¹ (FAO, 2001), a sua importância na dieta brasileira e a comodidade e o frescor oferecidos pelos produtos minimamente processados, podendo atender a demandas dos mercados varejista e institucional. Além disso, a implantação de unidades de processamento mínimo de batatas para fritura ou para cocção apresenta menor custo, quando comparada com as unidades agroindustriais para produção de batatas pré-fritas congeladas (Berbari *et al.*,2002). Todavia, um possível entrave para a expansão do processamento mínimo de batatas é a produção em escala, pois o País consome mais de 80 mil toneladas de batatas pré-fritas congeladas, o que exigiria investimento significativo em plantas de processamento mínimo (Moretti, 2004).

O processamento mínimo de batatas oferece, ainda, a possibilidade de se agregar valor a classificações de batatas que apresentam deságio por qualquer inadequação aos atributos de qualidade desejados pelo consumidor, mas que não comprometem a qualidade do tubérculo para fins culinários e industriais, como o caso das batatas com classificação “primeirinha” e “diversas”.

Um dos grandes desafios ao processamento mínimo de batatas é a significativa susceptibilidade dos tubérculos ao escurecimento, oriundo de reações catalisadas por enzimas, sendo a mais importante a polifenoloxidase (PPO). As etapas de descascamento, corte ou fatiamento promovem o rompimento das estruturas celulares e a PPO entra em contato com substratos fenólicos que, na presença de oxigênio molecular, catalisa a sua oxidação, levando, eventualmente, à formação indesejável de compostos de cor escurecida (Araújo, 2003). A enzima peroxidase (POD), também responsável pelo escurecimento em hortaliças minimamente processadas, está relacionada com processos de cicatrização (Cantos *et al.*, 2002; López-Serrano & Rós-Barcelo, 1995). A POD promove a oxidação de compostos fenólicos na presença de peróxido de hidrogênio (Dundford & Stillman, 1976), apresentando possível ação sinérgica com a PPO (Subramanian *et al.*, 1999).

Outras alterações decorrentes do processamento mínimo em batatas estão relacionadas com o aumento da atividade metabólica e com a descompartimentação de enzimas e substratos, podendo resultar também em perda de firmeza, desenvolvimento de aromas e sabores desagradáveis (Tudela *et al.*, 2003; Gunes & Lee, 1997; Rolle & Chrism, 1987) e alterações nos teores de compostos nutricionalmente importantes, como a vitamina C e compostos fenólicos (Tudela *et al.*, 2002; Davey *et al.*, 2000; Fukuda *et al.*, 1995; Oba *et al.*, 1994). Para controle das reações degradativas e manutenção da qualidade do produto, o uso de refrigeração e aplicação de atmosferas modificadas com reduzida concentração de oxigênio tem apresentado resultados promissores. A escolha da cultivar tem demonstrado efeito no potencial de escurecimento de batatas minimamente processadas, uma vez que diferentes cultivares de batata têm diferentes composições químicas. Ahvenainen & Hurme (1994) estudaram várias cultivares de oito hortaliças,

dentre elas batatas, e concluíram que nem todas as cultivares de batatas podem ser utilizadas para o processamento.

Apesar da importância da batata no agronegócio brasileiro de hortaliças, existe uma lacuna na literatura, no que diz respeito à avaliação de materiais nacionais com potencialidade de uso na forma minimamente processada.

O objetivo deste trabalho foi caracterizar química, física e nutricionalmente batatas minimamente processadas durante o armazenamento refrigerado.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Material vegetal. Batatas (*Solanum tuberosum* L.) das cultivares 'Monalisa' e 'Ágata', classificação "primeirinha", foram adquiridas na CEASA de Brasília e levadas ao Laboratório de Pós-Colheita da Embrapa Hortaliças onde foram selecionadas, classificadas e lavadas em água potável.

Processamento mínimo. Em seguida, os tubérculos foram descascados por abrasão em máquina processadora (modelo PCED, Siemsem Ltda.) por 180 segundos em tambor revestido com lixa de 60 mesh e por 36 segundos no segundo tambor revestido com lixa de 100 mesh. As batatas descascadas foram então enxaguadas em água potável, sanitizadas em água clorada com 150 ppm de cloro ativo por 5 minutos e centrifugadas, por 10 minutos, a 800 g.

Embalagem e armazenamento. O material foi posteriormente embalado em *nylon* multicamadas sob vácuo parcial (Seladora Selovac 200B), em porções de 200 gramas, e armazenado sob refrigeração a 5 e 15°C por 9 dias.

Análises químicas e físicas. A cada 3 dias os tubérculos minimamente processados foram avaliados quanto às seguintes variáveis.

Firmeza. Determinada pelo método da aplanção descrito por Calbo & Nery (1995).

Açúcares solúveis totais. Determinados pelo método fenol-sulfúrico descrito por Dubois *et al.* (1956).

Atividade enzimática da polifenoloxidase e peroxidase. A atividade das enzimas polifenoloxidase e peroxidase foi determinada segundo o método descrito por Flurkey & Jen (1978), sendo o extrato lido a 395 nm para POP e a 470 nm para POD.

Teor de amido. Determinação feita a partir de adaptação realizada no método de Ranganna (1986), com extração de açúcares por solução de etanol (80%) a quente, em 3 estágios, e hidrólise ácida do resíduo, também em 3 estágios, com ácido perclórico (52%), com posterior determinação dos açúcares pelo método fenol-sulfúrico.

Teor de vitamina C total. A vitamina C total foi quantificada de acordo com metodologia descrita por Terada *et al.* (1979) modificado por Nunes *et al.* (1995).

Análise estatística. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com 16 tratamentos arranjos em esquema fatorial 2x2x4 (2 cultivares, 2 temperaturas e 4 tempos de amostragem) com 3 repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de diferença mínima significativa ($P \leq 0,05$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 são mostradas as batatas minimamente processadas, embaladas e armazenadas a 5 e 15°C por 0, 3, 6, e 9 dias.



Figura 1. Batatas minimamente processadas, embaladas e armazenadas a 5 e 15 °C por 0, 3, 6, e 9 dias. Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, 2004.

Observou-se que batatas minimamente processadas apresentaram melhor manutenção da qualidade quando armazenadas a 5°C. A partir do sexto dia foram verificados o extravasamento de líquido celular, a perda de firmeza e o desenvolvimento de odores e sabores desagradáveis, principalmente em batatas armazenadas a 15°C, o que se deve, provavelmente, ao desenvolvimento de microrganismos anaeróbios. Batatas embaladas a 5°C

apresentam ligeira perda de firmeza, aspecto enrugado, e ocorrência de escurecimento em alguns pontos em que a embalagem sob vácuo parcial apresentava ar, além de exsudarem pouco líquido.

3.1 Firmeza

A perda de firmeza de batatas minimamente processadas foi observada para ambas as cultivares e temperaturas avaliadas, sendo, porém, mais severa em batatas armazenadas a 15°C (Figura 2).

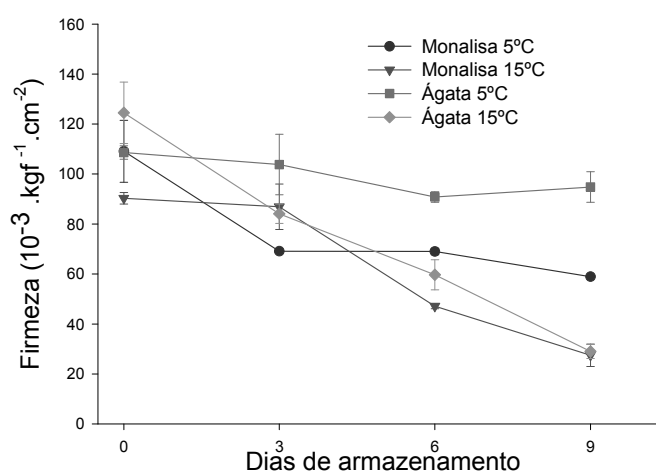


Figura 2. Firmeza em batatas 'Ágata' e 'Monalisa' minimamente processadas e armazenadas a 5 e 15 °C. Barras verticais representam \pm o desvio padrão da média. Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, 2004.

Na temperatura de 15°C verificou-se que, após 9 dias de armazenamento, a firmeza era 3,3 vezes menor em batatas 'Monalisa' e 4,3 vezes menor para a cultivar 'Ágata', quando comparadas com o produto recém-processado. Tal redução significativa possibilitou que batatas 'Ágata', mais firmes inicialmente, se igualassem à 'Monalisa' no último dia de avaliação.

A manutenção da firmeza foi observada para as batatas 'Ágata' armazenadas a 5°C, com valores 50,6% superiores aos das batatas 'Monalisa' armazenadas à mesma temperatura no terceiro dia de avaliação. Tal tendência

manteve-se constante durante o período experimental e ao final do intervalo de armazenamento verificou-se que batatas 'Ágata' possuíam firmeza que era 53,2% maior do que batatas 'Monalisa' armazenadas sob 5°C (Figura 2).

Diversos trabalhos têm demonstrado que o processamento mínimo de hortaliças pode causar várias alterações físicas, dentre elas a redução da firmeza do produto processado (Rolle & Chrism, 1987; Watada *et al.*, 1990). Tal redução durante o armazenamento de frutas e hortaliças minimamente processadas pode ser causada por processos metabólicos associados ao amadurecimento e à senescência, ou, ainda, à perda de água. O amadurecimento e a senescência estão correlacionados com mudanças na atividade de enzimas da parede celular (Fischer & Benett, 1991; Huber, 1983) e alterações no pH e nos teores de agentes quelantes (MacDougall *et al.*, 1995), o que resulta em mudanças de textura e amaciamento de polpa, desestruturação celular e aumento da presença de exsudados celulares. Nourian *et al.* (2003) avaliaram a firmeza de batatas intactas armazenadas sob diferentes temperaturas por 140 dias e observaram que temperaturas entre 4 e 8°C retardaram a perda de firmeza e asseguraram a manutenção da qualidade dos tubérculos por 133 dias, ao passo que batatas armazenadas a 16 e 20°C apresentaram rápida depreciação na qualidade e textura, com deterioração em 21 e 35 dias, respectivamente.

Aliada à baixa temperatura, a manutenção da firmeza do produto pode ser conseguida com a aplicação, por imersão, de soluções de cálcio. Luna-Guzmán *et al.* (1999) verificaram que melões minimamente processados mergulhados por um minuto em soluções de CaCl₂ (2%) a 20, 40 e 60°C, tiveram a firmeza do tecido mantida ou melhorada durante o armazenamento a 5°C.

3.2. Atividade da polifenoloxidase e peroxidase

A atividade da polifenoloxidase apresentou significativa elevação para batatas 'Ágata' armazenadas a 5 e 15°C (Figura 3a).

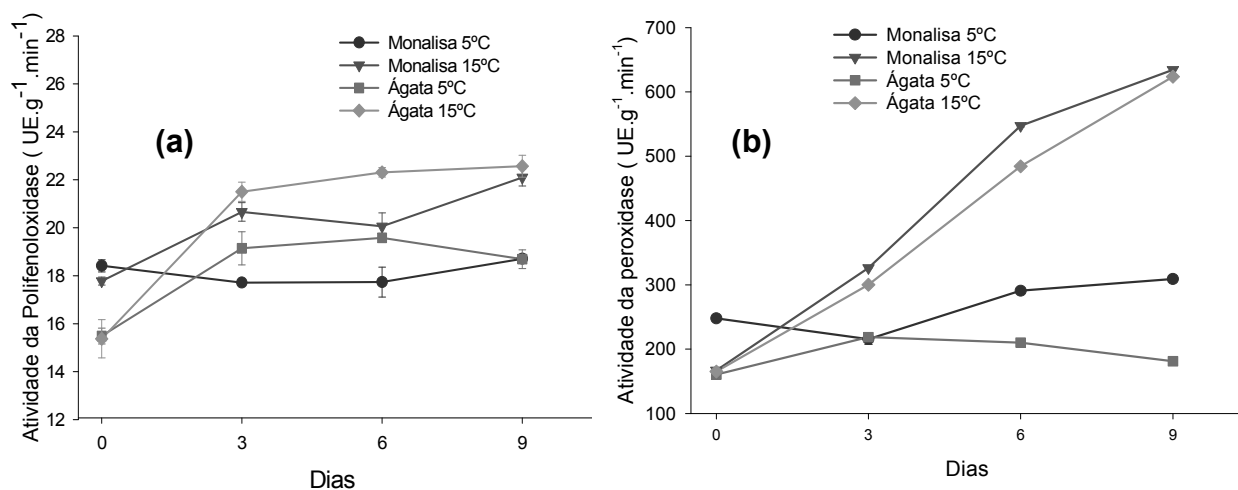


Figura 3. Atividade da Polifenoloxidase (a) e Peroxidase (b) em batatas 'Ágata' e 'Monalisa' minimamente processadas e armazenadas a 5 e 15 °C. Barras verticais representam \pm o desvio padrão da média. Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, 2004.

Verificou-se em batatas minimamente processadas da cultivar 'Monalisa' menor elevação da atividade da polifenoloxidase, após o processamento mínimo para ambas as temperaturas de armazenamento estudadas em comparação à 'Ágata'. No terceiro dia de observação verificou-se que a atividade da polifenoloxidase em batatas armazenadas a 15°C era 24 e 46% maior para 'Monalisa' e 'Ágata', respectivamente, quando comparadas com a atividade dessa enzima no tecido recém processado (Figura 3a).

Quando se avaliou a atividade da enzima peroxidase em batatas armazenadas a 5°C verificou-se que tubérculos da cultivar 'Monalisa' apresentaram maior atividade, sendo 48% e 86% maior do que a atividade desta enzima em batatas 'Ágata' logo após o processamento mínimo e aos 9 dias de armazenamento, respectivamente. Por outro lado, constatou-se que quando as batatas minimamente processadas foram armazenadas a 15°C, a

atividade da peroxidase aumentou em cerca de 4 vezes para ambas as cultivares ao longo do período de armazenamento, comparando-se a atividade logo após o processamento e ao final do experimento (Figura 3b).

Cantos *et al.* (2002) avaliaram o efeito do processamento mínimo sobre a atividade das enzimas polifenoloxidase, peroxidase e fenilalanina amônia liase e nos compostos fenólicos, em cinco cultivares de batatas, não encontrando correlação significativa entre o grau ou taxa de escurecimento e quaisquer das variáveis investigadas. Entretanto, o aumento da atividade da peroxidase, verificada pela síntese de isoperoxidasas identificadas por eletroforese, confirmou a indução da atividade desta enzima como fenômeno comum no reino vegetal em resposta a situações de estresse, como injúrias mecânicas. Semelhante ausência de correlação foi encontrada entre grau de escurecimento e atividade enzimática de maçãs durante o armazenamento a 0°C (Coseteng & Lee, 1987).

Cantos *et al.* (2002) estudaram também, nos mesmos materiais anteriormente relatados, a ocorrência de escurecimento e verificaram que batatas 'Monalisa' foram consideradas as mais susceptíveis ao escurecimento, com grau máximo alcançado dois dias após o corte. Esses autores não recomendaram a utilização desta cultivar para o processamento mínimo, em vista de seu potencial de escurecimento.

3.3 Açúcares solúveis totais e amido

O teor inicial de açúcares totais em batatas minimamente processadas da cultivar Monalisa era, em média, 28% maior em comparação com a cultivar Ágata (Figura 4).

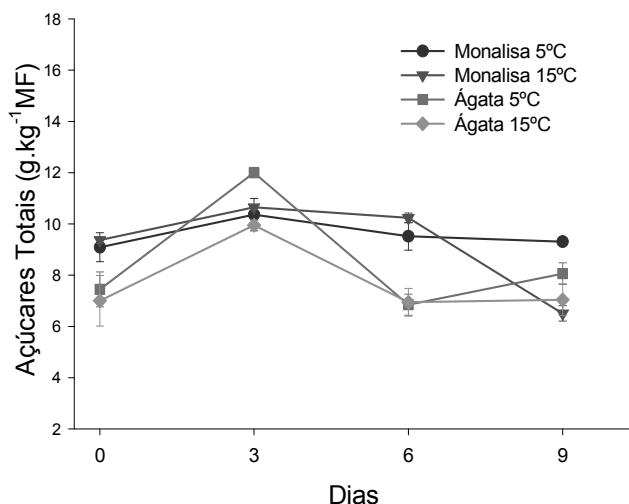


Figura 4. Teor de açúcares solúveis totais em batatas 'Ágata' e 'Monalisa' minimamente processadas e armazenadas a 5 e 15 °C. Barras verticais representam \pm o desvio padrão da média. Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, 2004.

Batatas 'Monalisa' armazenadas a 15°C apresentaram pouca variação no teor de açúcares nos seis primeiros dias de armazenamento, com posterior decréscimo ao final do período de avaliação. Para batatas 'Ágata', inicialmente com teor médio de 7,2 g.kg⁻¹MF para ambas as temperaturas de armazenamento, foi verificado pico no teor de açúcares totais após 3 dias de armazenamento, com elevação dos teores desses carboidratos de 61,2% e 42,0% a 5 e 15°C, respectivamente. Do sexto ao nono dia observaram-se valores estatisticamente semelhantes aos iniciais em ambas as temperaturas estudadas.

Ao final do período de armazenamento verificou-se também que as duas cultivares possuíam teor de açúcares solúveis totais mais elevado em tubérculos armazenados a 5°C do que nos armazenados a 15°C (Figura 4). Tal fato indica a possível conversão do amido em açúcares solúveis totais, seguindo rotas metabólicas diversas, conforme é discutido a seguir.

O teor inicial de amido verificado nas batatas minimamente processadas de todos os tratamentos estudados situava-se entre 121,0 e 126,0 $\text{g.kg}^{-1}\text{MF}$ (Figura 5).

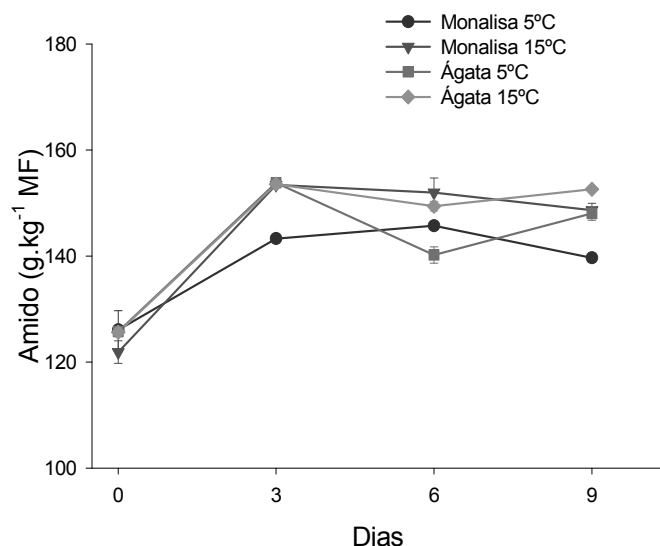


Figura 5. Teor de amido em batatas 'Ágata' e 'Monalisa' minimamente processadas e armazenadas a 5 e 15 °C. Barras verticais representam \pm o desvio padrão da média. Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, 2004.

Os valores de amido determinados no presente estudo para os tubérculos das cultivares Ágata e Monalisa, logo após o processamento mínimo, se encontraram dentro da faixa reportada por Borgstrom (1946), que observou que os teores de amido na matéria fresca de batata variam de 90 a 180 $\text{g.kg}^{-1}\text{MF}$. Segundo aquele autor, a amplitude verificada justifica-se devido às diferenças genéticas entre cultivares, épocas de plantio, temperatura e tempo de armazenamento, dentre outros fatores (Nourian *et al.*, 2003; Hertog *et al.*, 1997).

Nourian *et al.* (2003) verificaram em seu estudo com batatas armazenadas sob diferentes temperaturas que a degradação do amido ocorreu mais rapidamente à temperatura mais baixa (4°C), caindo de 134 para 80 $\text{g.kg}^{-1}\text{MF}$ em 35 dias e para 63 $\text{g.kg}^{-1}\text{MF}$ em 133 dias. Por outro lado, constataram que os açúcares solúveis totais aumentaram de 12,4 para 18,0 e 34,8 $\text{g.kg}^{-1}\text{MF}$ para os mesmos períodos de armazenamento estudados, respectivamente.

Esses autores verificaram também que o teor máximo de açúcares totais obtidos a 20°C em 35 dias foi de 13,5 g.kg⁻¹MF. Os pesquisadores concluíram que a estocagem de batatas em baixas temperaturas levou ao maior acúmulo de açúcares a partir do amido, o que poderia promover alterações de cor pelo escurecimento não-enzimático quando fossem submetidas a algum processamento térmico (Coelho *et al.*, 1999).

As condições de armazenamento em baixa temperatura propiciam o acúmulo de ATP no tecido da batata e acarretam a ativação de via metabólica alternativa, conhecida como respiração resistente ao cianeto, que diminui os níveis de ATP e, simultaneamente, incrementa as concentrações de sacarose, provavelmente via ação da enzima fosforilase (Isherwood, 1973; Barker, 1968). A sacarose torna-se então o substrato da invertase ácida vacuolar, que originará o acúmulo de açúcares redutores (Duplessis *et al.*, 1996). A indução do acúmulo de açúcares pelo frio estaria ainda relacionada com a deterioração das membranas dos amiloplastos (Ohad *et al.*, 1971) favorecendo a ação da enzima amidofosforilase sobre o amido (Fontes & Finger, 2000), que tem como função biológica o aumento da tolerância a baixas temperaturas, agindo como crioprotetores (Guy, 1990).

Por outro lado, a atividade da sacarose sintetase, importante enzima envolvida na síntese do amido, é maior em tubérculos jovens de batata (Pressey, 1969) onde se incluem, fisiologicamente, os tubérculos da classificação “primeirinha” usados no presente estudo. Tal fato explicaria, em parte, o aumento verificado nos teores de amido das duas cultivares estudadas nos três primeiros dias de armazenamento.

Apesar da conversão de amido em açúcares ser, aparentemente, reversível (Deiting *et al.*, 1998; Isherwood, 1973), o aumento nos teores de amido encontrados no presente trabalho (Figura 4), particularmente nos três primeiros dias de armazenamento, parece estar relacionado tanto à maior atividade dos tubérculos jovens, como descrito anteriormente, quanto à perda de água sofrida pelos tubérculos após o processamento mínimo, constatada pela elevação da umidade superficial do produto após a centrifugação e nos três primeiros dias de armazenamento, sendo que as batatas armazenadas a 15°C exsudaram mais água. A maior perda de água das batatas ‘Ágata’

minimamente processadas (dados não apresentados) pode estar relacionada com o maior teor deste componente em sua composição centesimal (88%), comparado com a cultivar 'Monalisa' (85%). Do terceiro ao nono dia verificaram-se reduções entre 2,6 e 4,0% nos teores de amido, exceção feita à cultivar 'Ágata' armazenada a 5°C, onde se verificou redução no sexto dia com posterior elevação dos teores de amido.

3.4 Vitamina C total

Verificou-se que as duas cultivares apresentaram tendência de redução dos teores de vitamina C total durante os 6 primeiros dias de armazenamento, com posterior elevação dos teores dessa vitamina até o final do experimento (Figura 6).

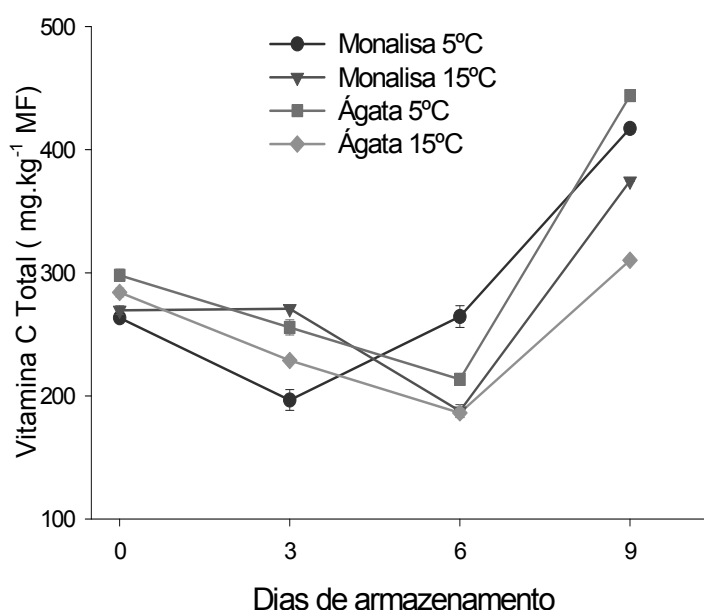


Figura 6. Teor de vitamina C total em batatas 'Ágata' e 'Monalisa' minimamente processadas e armazenadas a 5 e 15 °C. Barras verticais representam \pm o desvio padrão da média. Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, 2004.

Os valores de vitamina C total determinados no presente estudo para os tubérculos das cultivares Ágata e Monalisa, logo após o processamento mínimo, se encontravam dentro da faixa reportada por Davey *et al.* (2000), que observaram que batatas apresentaram teores de vitamina C entre 100 e 300

mg.kg⁻¹MF. De acordo com esses autores, tais valores variam em função das diferenças genéticas entre as cultivares, práticas agrícolas, colheita e condições de estocagem.

A cultivar 'Ágata' minimamente processada apresentou redução no teor de vitamina C de 52,5% e 39,6% quando armazenada a 15°C e a 5°C, respectivamente, até o sexto dia de armazenamento. A partir desse ponto, verificou-se que o teor desta vitamina aumentou significativamente até ao nono dia de armazenamento, atingindo 443,8 mg.kg⁻¹MF para batatas a 5°C e 310,1 mg . kg⁻¹MF para tubérculos armazenados a 15°C (Figura 6).

O decréscimo seguido de aumento na vitamina C foi verificado também para a cultivar 'Monalisa', que, ao final do experimento, apresentava teores de 417,1 e 374,4 mg. kg⁻¹MF quando armazenada a 5 e 15°C, respectivamente. Salienta-se que, para ambas as cultivares, o armazenamento a 5°C propiciou maior retenção dos teores de vitamina C, o que demonstrou a eficiência do armazenamento sob refrigeração na manutenção dos teores dessa vitamina.

Batatas minimamente processadas são capazes de reter seu teor inicial de vitamina C total ou parcialmente, uma vez que as perdas decorrentes de processos de oxidação são compensadas pelo aumento na biossíntese de ácido ascórbico (Tudela *et al.*, 2002; Mondy & Leja, 1986; Smith, 1977; Asselbergs & Francis, 1952). Esse aumento pode estar correlacionado com a maior atividade da enzima L-galactono- γ -lactona desidrogenase (GLDH) em tecidos de batata injuriados (Oba *et al.*, 1994) que catalisa o passo final da biossíntese do ácido ascórbico (Mutsuda *et al.*, 1995, Oba *et al.*, 1994). O incremento na biossíntese desse ácido orgânico poderia ser o resultado da maior necessidade de poder antioxidante, em nível celular, para fazer frente ao estresse provocado pelo processamento mínimo (Tudela *et al.*, 2003; Imahori *et al.*, 1997). Além disso, o aumento da atividade respiratória provocado pelo processamento mínimo leva à degradação do amido, com acúmulo de glicose, substrato requerido no processo de síntese de ascorbato (Noctor & Foyer, 1998). Como visto anteriormente, o acúmulo de açúcares é maior à temperatura de 5°C, o que explicaria em parte a maior retenção de vitamina C total em batatas minimamente processadas armazenadas sob essa temperatura.

Quando se avalia o teor de vitamina C em alimentos deve-se ter ciência que existe um equilíbrio dinâmico entre as formas ácido ascórbico e deidroascórbico, sendo que essa última forma pode ser facilmente convertida na primeira pelo organismo humano. Na ocorrência de processos degradativos, o ácido deidroascórbico é oxidado irreversivelmente a ácido dicetogulônico, que não possui qualquer atividade de vitamina C (Parviainen & Nyssonem, 1992), redundando, em termos práticos, na perda de valor nutricional.

A oxidação do ascorbato pela ascorbato oxidase aumenta em condições de estresse, exposição a patógenos, altas temperaturas, íons metálicos e agentes químicos (Lee & Kader, 2000). Portanto, o teor de vitamina C em batatas minimamente processadas é resultante de processos biossintéticos e degradativos que ocorrem simultaneamente. No estudo apresentado, deve-se considerar a possibilidade da ocorrência de síntese de ascorbato em resposta ao estresse oxidativo, o que culminou com a elevação do teor de vitamina C ao final do período experimental.

Tudela *et al.* (2003) estudaram o efeito do processamento mínimo, com subsequente armazenamento sob refrigeração, a 4°C, de batatas da cultivar Manon, sob diferentes atmosferas (ar, ar + 20% de CO₂, 100% N₂, e embalagem a vácuo), na atividade da enzima L-galactono- γ -lactona desidrogenase e no teor de vitamina C. Esses pesquisadores verificaram que a embalagem a vácuo provou ser a melhor opção, tendo evitado o escurecimento e retido 89% da Vitamina C, seguido da embalagem sob as atmosferas de 100% N₂ (78% retenção de vitamina C) e 20% CO₂ + ar (63% de retenção de vitamina C).

4. CONCLUSÕES

Batatas armazenadas a 5°C apresentaram melhor conservação no que diz respeito à manutenção das características físicas e químicas durante o armazenamento. Visualmente observou-se em embalagens a 5°C a ocorrência de escurecimento de forma pontual, localizada em regiões de enrugamento da embalagem pela ação do vácuo. Não se verificou grande diferença entre as variáveis analisadas quando se compararam as cultivares 'Ágata' e 'Monalisa'. Todavia, a menor susceptibilidade ao escurecimento enzimático da cultivar 'Ágata' em armazenamento a 5°C deve ser levado em consideração, uma vez que a cor é um ponto fundamental para a qualidade global do produto e aceitação pelo consumidor. Destaca-se a manutenção de níveis elevados de vitamina C no produto minimamente processado ao final do experimento, o que reforçaria os benefícios do consumo da batata como importante fonte deste nutriente.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHVENAINEN, R.; HURME, E. Minimal processed of vegetable. In: AHVENAINEN, R.; MATTILA-SANDHOLM, T.; OHLSSON, T. (Ed) Minimal Processing of Foods. Espoo: VTT Symposium, 1994, 142p.

ASSELBERGS, E. A. M.; FRANCIS, F. J. Studies on the formation of Vitamin C of Potato Tissue. *Canadian Journal of Botanic*, v.30, p.665, 1952.

ARAÚJO, J. M. Química de Alimentos – Teoria e Prática 3ª.edição. Viçosa: Editora UFV,2003.

BARKER, J. Studies in the respiratory and carbohydrate metabolism in plant tissues. XXIV. The influence of a decrease in temperature on the content of certain phosphate esters in plant tissues. *New Phytologist*, v. 67, p.487-493, 1968.

BORGSTROM, G. Principles of Food Science 2ª. ed. Connecticut: Food and Nutrition Press, 1946.

BERBARI, S. A. G., AGUIRRE, J. M. et al. Alternativas para o aproveitamento de batata. *Batata Show*, v.2, n. 4, 2002.

CALBO, A. G.; NERY, A. A. Medida de firmeza em hortaliças pela técnica de aplanção. *Horticultura Brasileira*, v.13, n.1, p.14-18, 1995.

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

COELHO, A. H. R; VILELA, E. R; CHAGAS, S. J. R. Qualidade de batata (*Solanum tuberosum* L.) para fritura, em função dos níveis de açúcares redutores e de amido, durante o armazenamento refrigerado e à temperatura ambiente com atmosfera modificada. *Ciência e Agrotec. Lavras*, v.23, n.4, p-900-911, 1999.

COSETENG, M. Y., LEE, C. Y. Changes in apple polyphenoloxidase and polyphenol concentrations in relation to degree of browning. *J. Food Science*, v.52, n.4, p.985-989, 1987.

DAVEY, M. W.; MONTAGU, M. V.; INZÉ, D.; SANMARTIM, M.; KANELIS, A.; SMIRNOFF, N.; BENZIE, I. J. J.; STRAIN, J. J.; FAVEL, D.; FLETCHER, J. Plant ascorbic acid: chemistry, function, metabolism, bioavailability and effects of processing. *J. Science and Food Agric.*, v.80, p.825-860, 2000.

DEITING, U.; ZRENNER, R.; STILL, M. Similar temperature requirement for sugar accumulation and for the induction of new forms of sucrose phosphate synthase and amylase in cold-stored potato tubers. *Plant, Cell and Environment*, v.21, p.127-138, 1998.

DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A. & SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.*, v. 28, p.350-356, 1956.

DUNDFORD, H.B.; STILLMAN, J.S. On the function and mechanism of action of peroxidases. *Coord. Chem. Rev.*, v.19, p.187-251, 1976.

DUPLESSIS, P. M.; MARANGONI, A. G.; YADA, R. Y. A Mechanism for low temperature induced sugar accumulation in stored potato tubers: the potential role of alternative pathway and invertase. *American Potato Journal*, v. 73, p.97-100, 1996.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Statistical Databases. Food Supply 2001. Disponível em: <http://faostat.fao.org/faostat/collections?version=ext&hasbulk=0&subset=nutrition>.> Acesso em: 28 jul. 2004.

FISCHER, R.L., BENNETT, A.B. Role of cell wall hydrolases in fruit ripening. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Molec. Biol.*, v.42, p.675-703, 1991.

FLURKEY, W. H.; JEN, J. Peroxidase and polyphenoloxidase activities in developing peaches. *J. Food Science*, v.43, p.1826-1828, 1978.

FONTES, P.C.R.; FINGER, F.L. Pós-colheita do tubérculo de batata. 1ª. ed. Viçosa: Editora UFV, 2000.

FUKUDA, M.; KUNISADA, Y.; NODA, H.; TAGAYA, S.; YAMAMOTO, Y.; KIDA, Y. Effect of storage time of potatoes after harvest on increase of ascorbic acid content by wounding. *J. Jpn. Soc. of Food Science and Technology*, v.42, p. 1031-1034, 1995.

GUNES, G.; LEE, C. Y. Colour of minimally processed potatoes as affected by modified atmosphere and anti-browning agents. *J. Food Science*, v. 62, p. 572-575, 1997.

GUY, C. L. Cold acclimation and freezing stress tolerance: role of protein metabolism. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, v.41, p. 187-223, 1990.

HERTOG, M. L. A.T.M.; TUSKENS, L. M. M.; HAK, P. S. The effects of temperature and senescence on the accumulation of reducing sugars during storage of potato (*Solanum tuberosum* L.) tuber: a mathematical model. *Postharvest Biology and Technology*, v.10, p.67-69, 1997.

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

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sistema IBGE de Recuperação Automática. Produção Agrícola Municipal 2002. Disponível em <www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo2.asp?e=v&p=pa&z=t&o=11>. Acesso em: 16 jun. 2004.

IFPA. INTERNATIONAL FRESH CUT PRODUCE ASSOCIATION. Fresh-cut produce handling guidelines. 3. ed. Produce Marketing, 1999. 39 p.

IMAHORI, Y; YAN-FEI, Z; UEDA, Y; ABE, K; CAHCHIN, K. Effects of wound stress by slicing sweet pepper fruits on ascorbic acid metabolism. *J. Jpn. Soc. Hortic. Sci.*, v. 66, p. 175-183, 1997.

ISHERWOOD, F. A. Starch-sugar interconversion in *Solanum tuberosum*. *Phytochemistry*, v. 12, p.2579-2591, 1973.

LEE, S. K.; KADER, A. A. Preharvest and post-harvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Post-harvest Biology and Technology*, v.20, p.207-220, 2000.

LÓPEZ-SERRANO, M.; RÓS-BARCELO, A. Activity of. peroxidase in unripe and processing strawberries. *Food Chemistry*, v.52, p.157-160, 1995.

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

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

MONDY, N. I.; LEJA, M. Effect of mechanical injury on the ascorbic acid content of potatoes. *Journal of Food Science*, v.51, p.355-359, 1986.

MORETTI, C.L. Processamento mínimo: uma alternativa de agregação de valor para a bataticultura brasileira. *Batata Show*, n. 9, p.31-32, 2004.

MUTSUDA, M.; ISHIKAWA, T.; TAKEDA, T.; SHIGEOKA, S. Subcellular localization and properties of L-Galactono-γ-lactone dehydrogenase in spinach leaves. *Biosci., Biotech. and Biochem.*, v.59, p.1983-1984, 1995.

NASCIMENTO, E. F., MORETTI, C. L., ZUCHETTO, M. C., MATTOS, L. M. Avaliação da temperatura de comercialização de hortaliças minimamente processadas no mercado varejista do Distrito Federal. In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 43,2003, Recife. Anais do Congresso Brasileiro de Olericultura. Recife:SOB, 2003. CD-ROM.

NOCTOR, G; FOYER, C. H. Ascorbate and gluathione: keeping active oxygen under control. *Annu. Rev. Plant. Physiol. Mol. Biol.*, v.49, p.249-279, 1998.

NOURIAN, F; RAMASWAMY, H. S; KUSHALAPPA, A. C. Kinetics of quality change associated with potatoes stored at different temperatures. *Lebensm.-Wiss. U.-Technol.* v.36, p.49–65, 2003.

NUNES, M. C. N.; BRECHT, J. K.; MORAIS, A. M. M. B.; SARGENT, S. A. Physical and chemical quality characteristics of strawberries after storage are reduced by a short delay to cooking. *Post-harvest Biology and Technology*, v.6, p.17-28, 1995.

OBA, K. FUKUI, M.; IMAI, Y.; IRYAMA, S.; NOGAMI, K. L-Galactono- γ - lactone dehydrogenase: partial characterization, induction of activity and role in the synthesis of ascorbic acid in wounded white potato tuber tissue. *Plant Cell. Physiology*, v. 35, p.473-478, 1994.

OHAD, I.; FRIEDBERG, I.; NEMAN, Z.; SCRAMM, M. Biogenesis and degradation of starch. the fate of amyloplast membrane during maturation and storage of potato tubers. *Plant Physiology*, v.47, p.465-477, 1971.

PARVIAINEN, M. T.; NYSSONEM, K. Ascorbic Acid. In: LEENHEER, A.P.D; LAMBERT, W.E. NELIS, H (Eds) *Modern Chromatografic Annalysis of Vitamins*. New York: Marcel Dekker, 1992.

PRESSEY, R. Role of invertase in accumulation of sugars in cold-stored potatoes. *American Potato Journal*, v.46, p.291-297, 1969.

RANGANNA, S. Handbook of analysis and quality control for fruits and vegetables products. Tata Mcgraw Publishers, New Delhi, 1986. p.106-107.

ROLLE, R., CHRISM, G. W., Physiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. *J. Food Quality*, v.43, p.274-276, 1987.

SMITH, O. Potatoes: production, storing, processing. 2a. ed. Westpot,:Avi. Publishing, 1977.

SUBRAMANIAN, N., VENKATESH, P.; GANGULI, S.; SINKAR, V. P. Role of poliphenol oxidase and peroxidase in the generation of black tea theaflavins. *J. Agriculture Food Chem.*, v.47, p.2571-2578, 1999.

TERADA, M.; WATANABE, Y.; KUNITOMA, M.; HAYASHI, E. Differential rapid analysis ascorbic acid and ascorbic acid 2-sulfate by dinitrophenylhydrazine method. *Annals of Biochemistry*, v.4, p.604-608, 1979.

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.

TUDELA, J. A.; HERNÁNDEZ, J. A.; GIL, M. I.; ESPÍN, J. C. L- galactono- γ -lactone dehydrogenase activity and vitamin C content in fresh-cut potatoes stored under controlled atmospheres. *J. Agric. and Food Chem.*, v.51, p.4296-4302, 2003.

WATADA, A. E., ABE, K., YAMUCHI, N. Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. *Food Technology*, v.44, p.116-122, 1990.

CAPÍTULO 5

CORRELAÇÃO ENTRE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS, NUTRICIONAIS E SENSORIAIS DE BATATAS 'ÁGATA' E 'MONALISA' MINIMAMENTE PROCESSADAS

CORRELAÇÃO ENTRE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS, NUTRICIONAIS E SENSORIAIS DE BATATAS 'ÁGATA' E 'MONALISA' MINIMAMENTE PROCESSADAS

RESUMO

O uso de tecnologia inadequada para o processamento mínimo de batatas torna a vida útil desse produto muito curta, acarretando problemas de comercialização. Compreender as alterações fisiológicas que ocorrem durante o processamento do alimento e sua relação com as características sensoriais é fundamental, possibilitando a avaliação indireta das características sensoriais por meio de análises instrumentais. Os objetivos deste trabalho foram verificar correlação entre algumas variáveis físicas, químicas e sensoriais em batatas 'Ágata' e 'Monalisa' minimamente processadas e analisar a variação sensorial de atributos de qualidade durante o armazenamento. Batatas (*Solanum tuberosum* L.) 'Ágata' e 'Monalisa', classificação "primeirinha", foram minimamente processadas como mini-batatas, sendo, posteriormente, embaladas em *nylon* multicamadas sob vácuo parcial e armazenadas a 5°C, por 9 dias. A cada 3 dias, amostras foram avaliadas para firmeza, atividade da polifenoloxidase (PPO) e peroxidase (POD), teores de açúcares solúveis totais, amido e vitamina C total. A Análise Descritiva Quantitativa forneceu medidas sensoriais de firmeza, escurecimento e qualidade global nos mesmos períodos de tempo. Verificou-se que as análises instrumentais de firmeza e de escurecimento foram satisfatórias na predição de seus julgamentos sensoriais. A qualidade global pôde ser correlacionada com o brilho L*, índice de escurecimento e firmeza para batatas 'Monalisa' e com a firmeza em batatas 'Ágata', possibilitando a predição da vida-de-prateleira do produto a partir das equações obtidas. A tecnologia aplicada foi ineficaz na manutenção dos atributos de qualidade do produto, sendo necessário avaliar outras alternativas tecnológicas para obtenção de batatas com vida útil adequada à comercialização do produto.

Palavras-chave: *Solanum tuberosum* L., processamento mínimo, correlação linear, qualidade.

¹ Encaminhado para publicação na forma de artigo em fevereiro de 2005 na Revista Scientia Agricola (ISSN 0103-9016, nível A/nacional).

**CORRELATION BETWEEN PHYSICAL, CHEMICAL, NUTRITIONAL
AND SENSORIAL CHARACTERISTICS OF 'AGATA' AND 'MONALISA'
FRESH CUT POTATOES**

ABSTRACT

The inadequacy of technology for fresh-cut potatoes reduces the shelf life of the product, causing commercialization problems. The study of physiological alterations that occur during processing and its relation with sensory characteristics is desirable, what will make possible the indirect evaluation of the sensory characteristics through instrumental analysis. This work aimed at establishing correlation among physical, chemical and sensory variables in 'Ágata' and 'Monalisa' fresh-cut potatoes and to analyse the sensory variations of quality attributes during storage. Potatoes, (*Solanum tuberosum* L.) 'Ágata' and 'Monalisa', grade "primeirinha", were minimally processed as baby potatoes. After processing, the material was packed in multilayer nylon plastic films under partial vacuum and stored under 5°C for 9 days. Every 3 days tubers were evaluated for firmness, enzymic activity (polyphenoloxidase and peroxidase), total soluble sugars, starch, and total vitamin C. The Quantitative Descriptive Analysis allowed the evaluation of firmness, browning and global quality in the same storage periods. It was verified that the instrumental analyses of firmness and browning had been satisfactory in the prediction of its sensory evaluations. Global quality could be correlated with L* value, browning index and firmness for 'Monalisa' potatoes and with firmness for 'Ágata' potatoes, making possible the prediction of the shelf-life of the product from the determined equations. The technology used was not efficient in the maintenance of attributes of quality. It is suggested that other technologies should be evaluated in order to extend the shelf life of the product during commercialization.

Keywords: *Solanum tuberosum* L., minimal processing, linear correlation, quality.

1.INTRODUÇÃO

Produtos minimamente processados podem ser definidos como frutas ou hortaliças, ou combinação destas, que tenham sido fisicamente alterados, mas que permaneçam no estado fresco (IFPA, 1999). Tais produtos atendem aos mais diversos segmentos de mercado: cozinhas industriais, institucionais, empresas de refeições rápidas, *catering*, e no mercado varejista já se fazem presentes em cerca de 92% dos hipermercados, o que revela o importante potencial de expansão do segmento.

A batata está entre os dez principais produtos agrícolas brasileiros e é a hortaliça mais importante para a economia nacional, com faturamento superior a 1,4 bilhão de reais (IBGE, 2002). O processamento mínimo tem sido considerado uma das alternativas de agregação de valor à batata brasileira, bem como de redução da importação do produto congelado.

Todavia, a inadequação da tecnologia de processamento para diversas espécies e variedades torna a vida útil desses produtos muito curta, acarretando problemas de distribuição e comercialização. Para solucionar esse problema, pesquisadores têm apontado a necessidade de se estudar a variedade de cada vegetal mais adequada para o processamento mínimo e a análise dos efeitos fisiológicos e qualitativos causados por esse processo (Moretti, 2003). No caso da batata, existe uma lacuna na literatura no que diz respeito à avaliação de materiais nacionais com potencialidade de uso na forma minimamente processada.

Para aprimoramento das tecnologias de processamento de alimentos, o entendimento das reações físicas e químicas que ocorrem durante a transformação da matéria prima e sua relação com as características sensoriais é de extrema importância, possibilitando a avaliação indireta das características sensoriais por meio de análises instrumentais (Sandi *et al.*, 2003).

Estudos da correlação entre as características físicas, químicas e sensoriais em alimentos têm como objetivo principal a substituição das avaliações sensoriais, que tomam bastante tempo para a sua execução, por

análises físicas e químicas. Adicionalmente, a avaliação de correlações entre estas características auxilia na compreensão dos fatores que levam um alimento a alterar seu perfil sensorial, contribuindo para a otimização do processo de produção (O'Mahoni, 1986).

Os objetivos deste trabalho foram verificar a correlação entre algumas variáveis físicas, químicas e sensoriais em batatas 'Ágata' e 'Monalisa' minimamente processadas e analisar a variação sensorial de alguns de seus atributos de qualidade durante o armazenamento refrigerado.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Material vegetal. Tubérculos das cultivares Monalisa e Ágata, classificação "primeirinha", foram adquiridos na CEASA de Brasília e levados ao Laboratório de Pós-Colheita da Embrapa Hortaliças onde foram selecionados, classificados e lavados em água potável.

Processamento mínimo. Em seguida, foram descascados por abrasão em máquina processadora (modelo PCED, Siemsem Ltda.), por 180 segundos, em tambor revestido com lixa de 60 mesh e por 36 segundos no segundo tambor revestido com lixa de 100 mesh. Foram então enxaguados em água potável, sanitizados em água clorada com 150 ppm de cloro ativo por 5 minutos e centrifugados, por 7 minutos, a 800 g.

Embalagem e armazenamento. O material foi posteriormente embalado em nylon multicamadas sob vácuo parcial em seladora industrial (Selovac 200B, São Paulo), em porções de 200 gramas, e armazenado sob refrigeração a 5°C por 9 dias.

Análises químicas e físicas. A cada 3 dias os tubérculos minimamente processados foram avaliados quanto às seguintes variáveis:

Índice de escurecimento e brilho L.* O brilho L* foi determinado por colorimetria L*a*b*, por meio de leitura direta no colorímetro Minolta Color Reader CR 10, enquanto o índice de escurecimento foi calculado de acordo com Palou et al. (1999), a partir da fórmula:

$$IE = [100 (X - 0,31)] / 0,172; X = (a + 1,75.L) / (5,645.L + a - 3,021.b)$$

Firmeza. Determinada pelo método da aplanção, descrito por Calbo e Nery (1995).

Açúcares solúveis totais. Determinados pelo método fenol-sulfúrico descrito por Dubois *et al.* (1956).

Atividade enzimática da polifenoloxidase e peroxidase. Determinada segundo o método descrito por Flurkey & Jen (1978), sendo o extrato lido a 395 nm para POP e a 470 nm para POD.

Teor de amido. Determinação feita a partir de adaptação realizada no método de Ranganna (1986), com extração de açúcares por solução de etanol (80%) a quente, em 3 estágios, e hidrólise ácida do resíduo, também em 3 estágios, com ácido perclórico (52%), com posterior determinação dos açúcares pelo método fenol-sulfúrico.

Teor de vitamina C total. Quantificada de acordo com metodologia descrita por Terada *et al.* (1979), modificado por Nunes *et al.* (1995).

Análise sensorial. Para este estudo foi utilizada a técnica de Análise Descritiva Quantitativa (ADQ). Quinze provadores foram inicialmente selecionados por meio de uma ficha de recrutamento e de testes de ordenação de amostras para firmeza e cor de batatas, com aceitação dos candidatos que ordenassem corretamente todas as amostras ou invertessem apenas pares adjacentes para todos os atributos (Ferreira *et al.*, 1999). Após o treinamento com amostras-referência, foi testada a habilidade dos julgadores de discriminar as amostras ($F_{amostra} > 0,5$) e de repetitividade das avaliações ($F_{repetição} < 0,05$) por meio de ANOVA, selecionando-se dez julgadores para a análise propriamente dita. A equipe definitiva realizou a avaliação final das batatas em cabines individuais, servindo-se 4 amostras por sessão, em duas sessões sendo as amostras codificadas com 3 dígitos aleatórios. Cada sessão correspondia a uma cultivar ('Ágata' ou 'Monalisa') e continha embalagens de 200 gramas de batatas minimamente processadas, nos tempos 0, 3, 6 e 9 dias de armazenamento.

Análise estatística. O delineamento experimental sensorial foi de blocos completos casualizados, enquanto o experimento referente às análises instrumentais foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com 16 tratamentos arranjados em esquema fatorial 2x2x4 (2 cultivares, 2 temperaturas e 4 tempos de amostragem) com 3 repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de diferença mínima significativa ($P \leq 0,05$). Os dados obtidos para análises físicas, químicas e sensoriais foram submetidos às análises de correlação produto-momento de Pearson, com nível de significância de 5%.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os valores obtidos para correlações entre medidas instrumentais e sensoriais para batatas 'Ágata' e 'Monalisa' minimamente processadas.

Tabela 1: Coeficientes de correlação (r) obtidos entre as características físicas, químicas e sensoriais de batatas minimamente processadas.

	Qualidade Global		Firmeza sensorial		Escurecimento sensorial	
	ÁGATA	MONALISA	ÁGATA	MONALISA	ÁGATA	MONALISA
TEMPO	-0,98**	-0,95**	-0,99**	-0,90	0,94	0,91
L*	-0,38	0,96**	0,46	0,70	-0,83	-0,98**
IE	-0,74	-0,96**	-0,80	-0,91	0,99**	0,95**
FM	0,99**	0,83	0,97**	0,99**	-0,79	-0,80
PPO	-0,80	-0,41	-0,79	0,19	0,45	0,46
POD	-0,41	-0,69	-0,39	-0,50	-0,02	0,64
VCT	-0,31	-0,80	-0,39	-0,37	0,78	0,80
ACT	0,19	0,02	0,12	-0,37	-0,16	-0,01
AMD	-0,58	-0,49	-0,63	-0,90	0,48	0,43

IE – índice de escurecimento; FM – firmeza; PPO – atividade da polifenoloxidase; POD - atividade da peroxidase; VCT – teor de vitamina C total; ACT – teor de açúcares solúveis totais; AMD – teor de amido. L* - intensidade da luminosidade em colorimetria L*a*b*

* significativo a 5% de probabilidade

3.1. Firmeza e escurecimento sensoriais e suas medidas instrumentais

Observou-se que as medidas instrumentais e sensoriais de firmeza e escurecimento apresentaram correlação significativa ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 1, Figuras 1a, 1b, 2a, 2b), indicando que a determinação instrumental destas variáveis pode ser utilizada para prever as respectivas medidas sensoriais, por meio das equações de regressão (figuras 1a, 1b, 2a e 2b).

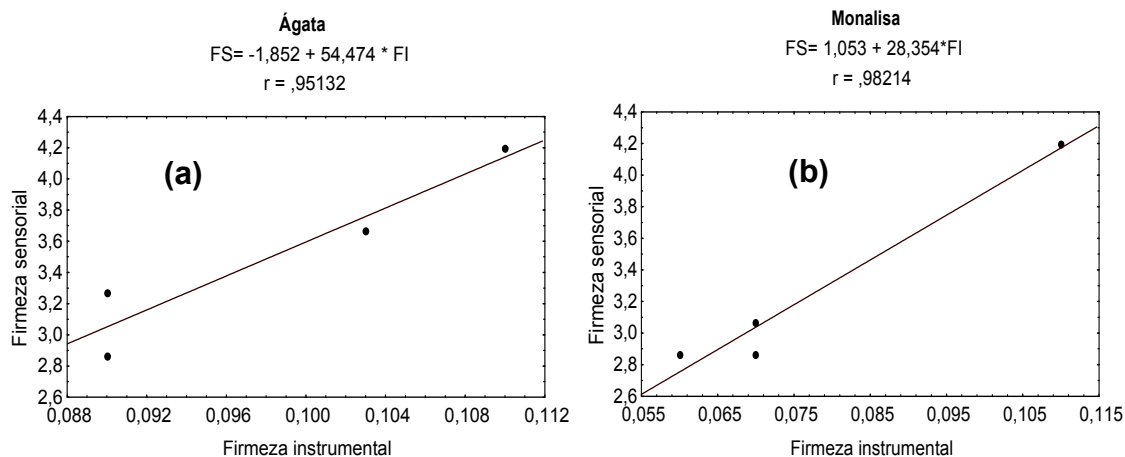


Figura 1: Correlação entre firmeza sensorial (FS) e firmeza instrumental (FI) de batatas 'Ágata' (a) e 'Monalisa' (b) minimamente processadas. Embrapa, Brasília, DF, 2004.

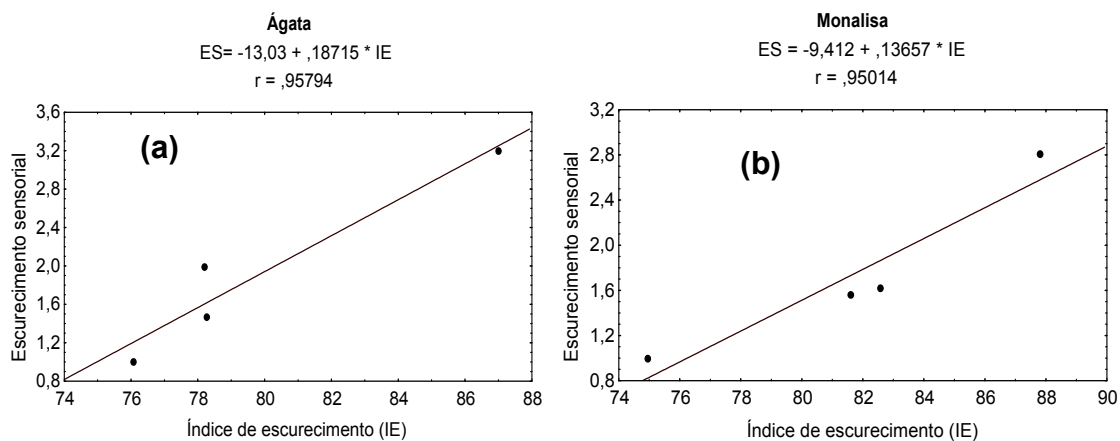


Figura 2. Correlação entre o escurecimento sensorial (ES) e o índice de escurecimento (IE) de batatas 'Ágata' (a) e 'Monalisa' (b) minimamente processadas.

Ao calcular-se o coeficiente de determinação (r^2) para estas variáveis, obtém-se, para o escurecimento sensorial e índice de escurecimento, r^2 de 0,90 para Monalisa e 0,98 para Ágata, enquanto para a firmeza, os r^2 obtidos são de 0,98 e 0,94, para Monalisa e Ágata, respectivamente.

Para o escurecimento sensorial e o brilho L^* (Figuras 3a e 3b), obteve-se r^2 de 0,96 para Monalisa e 0,69 para Ágata, supostamente devido a uma maior influência dos valores a^* e b^* no escurecimento desta última cultivar. Desta forma é recomendável a avaliação do índice de escurecimento do brilho L^* , tendo em vista a participação das variações dos valores L^* , a^* e b^* de forma conjunta no desenvolvimento do escurecimento enzimático de batatas. Segundo Burgard & Kuznicki (1990), valores de r^2 (entre dados sensoriais e instrumentais ou dados sensoriais em função do tempo) acima de 0,6 são considerados muito bons, e valores de r^2 entre 0,4 e 0,6 são considerados moderados.

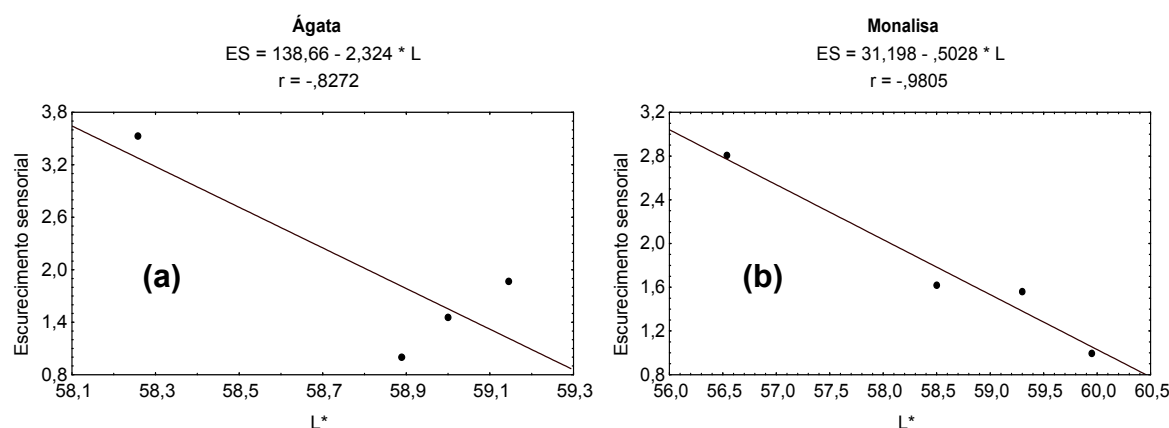


Figura 3. Correlação entre o escurecimento sensorial (ES) e o brilho L^* de batatas 'Ágata' (a) e 'Monalisa' (b) minimamente processadas. Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, 2004.

As mesmas medidas sensoriais apresentaram correlação com outras variáveis determinadas instrumentalmente, sendo verificado comportamentos diferentes para cada cultivar avaliada.

3.2 Índice de escurecimento, atividade enzimática da PPO e POD e atributos sensoriais

O índice de escurecimento apresentou forte correlação negativa com a qualidade global de batatas 'Monalisa' (Figura 4b). De acordo com Burgard & Kuznicki (1990), pode-se estabelecer correlação moderada entre as mesmas variáveis para a cultivar 'Ágata', com r^2 de 0,55 (Figura 4b).

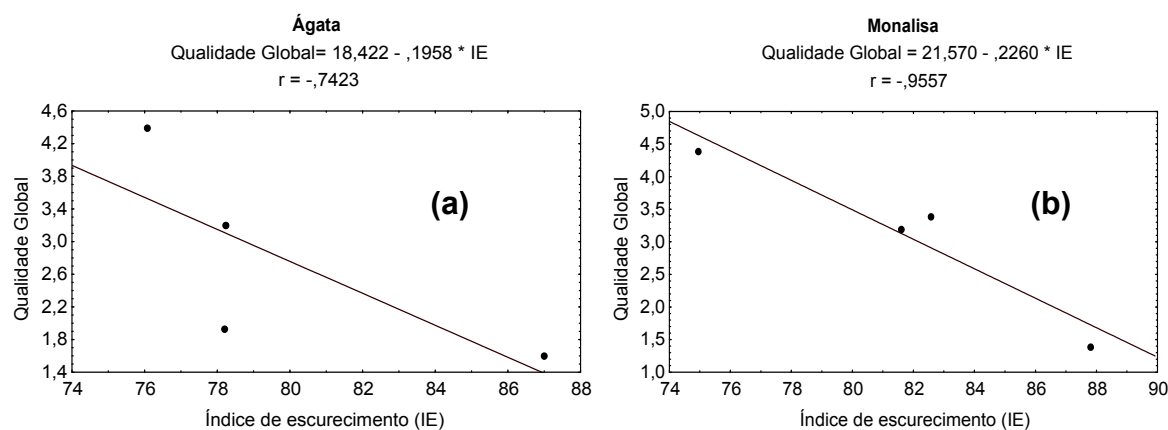


Figura 4. Correlação entre a qualidade global e o índice de escurecimento (IE) de batatas ‘Ágata’ (a) e ‘Monalisa’ (b) minimamente processadas. Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, 2004.

Não foi observada correlação significativa ($p < 0,05$) entre as atividades enzimáticas da PPO e da POD e variáveis sensoriais. Todavia, pode-se considerar muito boa a correlação da atividade da PPO com a qualidade global (r^2 de 0,64) e a firmeza (r^2 de 0,62) de batatas ‘Ágata’, enquanto que para a cultivar ‘Monalisa’ verificou-se correlação moderada entre a atividade da POD e a qualidade global (r^2 de 0,47) e o escurecimento sensorial (r^2 de 0,41), segundo os critérios de Burgard & Kuznicki (1990).

Zorzella *et al.* (2003) avaliaram as características físicas, químicas e sensoriais de treze genótipos de batatas da safra de outono de 1999 e verificaram variação de 3,9 vezes nas atividades da PPO e de 11,5 vezes da POD entre as cultivares. Este resultado indica que diferentes cultivares apresentam diferentes níveis de atividade de determinadas enzimas e, portanto, podem responder de forma diferente ao mesmo tratamento. Para os treze genótipos foram encontradas correlações entre as atividades das enzimas e a cor dos produtos *chips*, embora em intensidade menor, se comparado à correlação entre cor e o teor de açúcares redutores.

Cantos *et al.* (2002) avaliaram o efeito do processamento mínimo sobre a atividade das enzimas polifenoloxidase, peroxidase e fenilalanina amônia liase e nos compostos fenólicos, em cinco cultivares de batatas, e não encontraram correlação significativa entre o grau ou taxa de escurecimento e quaisquer das variáveis investigadas. Entretanto, o aumento da atividade da peroxidase, verificada pela síntese de isoperoxidasas identificadas por eletroforese, confirmou a indução da

atividade desta enzima como fenômeno comum no reino vegetal em resposta a situações de estresse, como injúrias mecânicas. Os autores ainda sugerem que para melhor compreensão dos fatores limitantes do desenvolvimento do escurecimento em batatas minimamente processadas, estudos adicionais envolvendo outros aspectos importantes (estabilidade de membrana, composição lipídica, teor de cálcio, atividade de proteases, práticas agrônômicas) são necessários. Semelhante ausência de correlação foi encontrada entre grau de escurecimento e atividade enzimática de maçãs durante o armazenamento a 0°C (Coseteng & Lee, 1987).

Cantos *et al.* (2002) estudaram também, nos mesmos materiais, a ocorrência de escurecimento e verificaram que batatas 'Monalisa' foram consideradas as mais susceptíveis, com grau máximo alcançado dois dias após o corte. Esses autores não recomendaram a utilização desta cultivar para o processamento mínimo, em vista de sua alta susceptibilidade ao escurecimento. Os resultados verificados para índice de escurecimento neste trabalho (Figura 5), estão de acordo com o trabalho de Cantos *et al.* (2002), uma vez que batatas da cultivar 'Monalisa' apresentaram aumento de 10,2% no índice de escurecimento já do primeiro ao terceiro dia de avaliação e de 7,6 % do sexto ao nono dia. A elevação do escurecimento Batatas 'Ágata' foi de apenas 3,0% até o sexto dia, com posterior aumento de 11,2%, alcançando grau de escurecimento das batatas 'Monalisa' no nono dia.

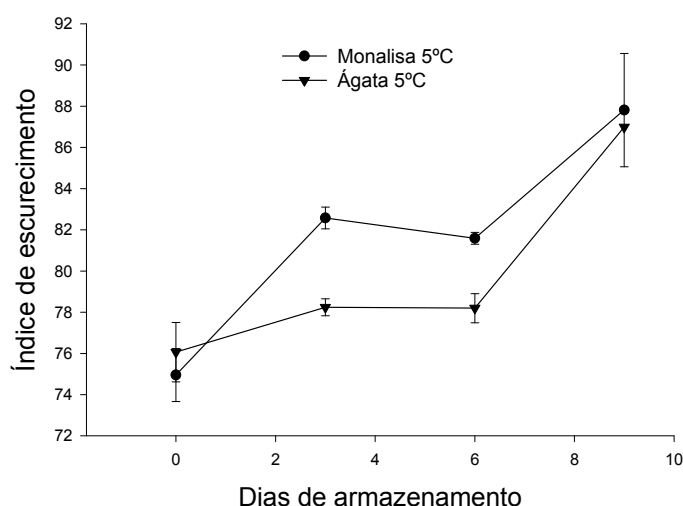


Figura 5. Índice de escurecimento em batatas 'Ágata' e 'Monalisa' minimamente processadas embaladas sob vácuo parcial e armazenadas a 5°C. Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, 2004.

3.3. Firmeza, amido e os atributos sensoriais

Batatas da cultivar 'Ágata' apresentaram correlação significativa ($p < 0,05$) entre a firmeza e a qualidade global (Figura 6a), enquanto para batatas 'Monalisa' (figura 6b) a correlação não-significativa de 0,83 pode, mesmo assim, ser considerada muito boa (Burgard & Kuznicki, 1990).

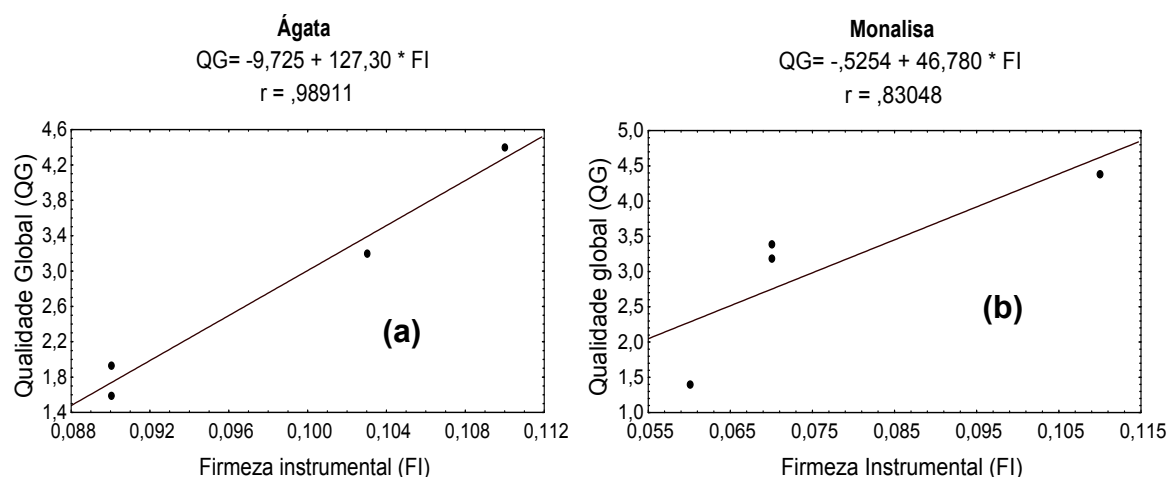


Figura 6. Correlação entre a qualidade global e a firmeza instrumental (FI) de batatas 'Ágata' (a) e 'Monalisa' (b) minimamente processadas. Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, 2004.

Esperava-se que a firmeza das batatas, analisada instrumental e sensorialmente, apresentasse correlação positiva com o teor de amido, uma vez que estudos apontam esta variável como um dos principais fatores que compõem a textura de batatas (Golubowska, 2004; Van Dijk *et al.*, 2002a; 2002b). Nourian *et al.* (2003) verificaram que a estocagem de batatas em baixas temperaturas leva ao maior acúmulo de açúcares a partir do amido, o que poderia promover alterações de cor pelo escurecimento não-enzimático, quando os tubérculos forem submetidos a algum processamento térmico (Coelho *et al.*, 1999). As condições de armazenamento em baixa temperatura propiciam o acúmulo de ATP no tecido da batata e acarretam a ativação de via metabólica alternativa, conhecida como respiração resistente ao cianeto, que diminui os níveis de ATP e, simultaneamente, incrementa as concentrações de sacarose, provavelmente via ação da enzima fosforilase (Isherwood, 1973, Barker, 1968). A sacarose torna-se então o substrato da invertase ácida vacuolar, que originará o acúmulo de açúcares redutores (Duplessis *et al.*, 1996). A indução do acúmulo de açúcares pelo frio estaria ainda

relacionada com a deterioração das membranas dos amiloplastos (Ohad *et al.*, 1971), favorecendo a ação da enzima amidofosforilase sobre o amido (Fontes & Finger, 2000), que tem como função biológica o aumento da tolerância a baixas temperaturas, agindo como crioprotetores (Guy, 1990).

Por outro lado, a atividade da sacarose sintetase, importante enzima envolvida na síntese do amido, é maior em tubérculos jovens de batata (Pressey, 1969), em que se incluem, fisiologicamente, os tubérculos da classificação “primeirinha” usados no presente estudo. Em parte, isso explicaria o aumento verificado nos teores de amido das duas cultivares estudadas, nos três primeiros dias de armazenamento. Para Gotubowska (2004) e Van Dijk *et al.* (2002a, 2002b) os fatores relacionados à textura em batatas são o teor de matéria seca, o teor de amido e o teor de polissacarídeos estruturais como pectina, celulose e hemicelulose, além da lignina.

Portanto, a correlação negativa verificada para a cultivar ‘Monalisa’ (r^2 de 0,81), e Ágata (r^2 de 0,64) entre a firmeza e o amido (figura 7a, b), sugere que a firmeza tenha sido mais afetada pela degradação da pectina e de outras substâncias estruturais, pela ação de enzimas endógenas, ou por enzimas de microrganismos contaminantes.

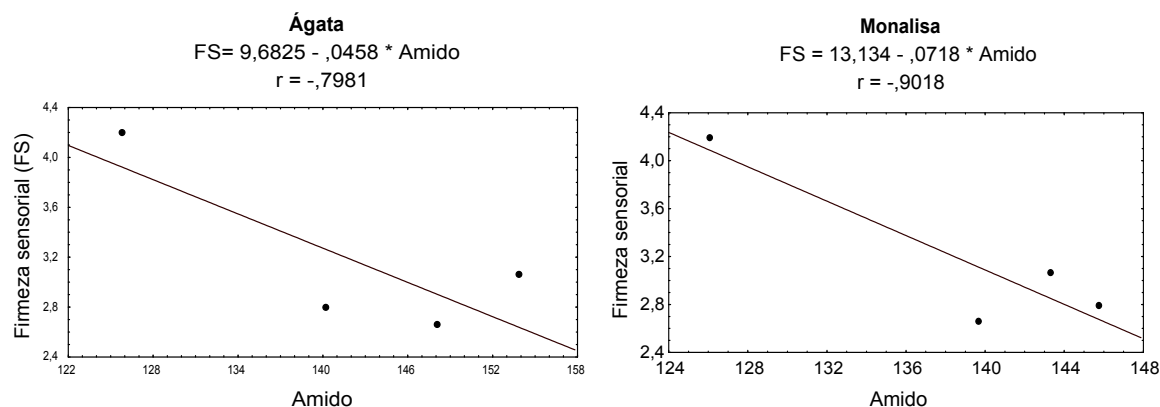


Figura 7: Correlação entre a firmeza sensorial (FS) e o amido de batatas ‘Ágata’ (a) ‘Monalisa’ (b) minimamente processadas. Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, 2004.

3.4. Açúcares solúveis totais, vitamina C total e atributos sensoriais

Não foi verificada correlação entre os teores de açúcares solúveis totais e as variáveis sensoriais. Esta ausência de correlação pode ser justificada pela diversidade de rotas metabólicas ligadas ao consumo e liberação de açúcar, sejam elas a degradação do amido (Nourian *et al.*, 2003), a síntese do amido (Pressey, 1969) e a utilização do açúcar no processo respiratório (Gunes & Lee, 1997) e na síntese de ácido ascórbico (Noctor & Foyer, 1998), fazendo com que esta variável não apresentasse uma tendência de declínio ou de ascensão constante, mas uma variação nos dois sentidos, ao longo o tempo de observação, ao contrário do ocorrido com as variáveis sensoriais.

Para o teor de vitamina C total, foram verificadas correlações muito boas para batatas 'Monalisa' em relação à qualidade global e ao escurecimento sensorial, com r^2 de 0,64 para ambos os casos. Em batatas 'Ágata' verificou-se correlação entre a vitamina C total e o escurecimento sensorial com r^2 de 0,61.

A vitamina C total é composta dos teores de ácido ascórbico e ácido dehidroascórbico. O ácido ascórbico é um agente redutor capaz de promover a redução química dos precursores do pigmento responsável pelo escurecimento. Atua pela redução da o-benzoquinona a o-diidroxifenol ou pela inativação irreversível da PPO, sendo, portanto, consumido no processo. Adicionalmente, o ácido ascórbico remove O_2 do meio, convertendo-se em ácido dehidroascórbico, promove a regeneração de antioxidantes, além de atuar sinergisticamente com agentes complexantes (Araújo, 2003). Esperava-se encontrar uma correlação negativa entre o escurecimento e o teor de vitamina C total, uma vez que a vitamina C atua no controle do escurecimento.

Outras variáveis relacionadas ao escurecimento em batatas minimamente processadas precisam ser consideradas, tendo em vista a complexidade das respostas metabólicas decorrentes da injúria aplicada aos tubérculos. Por exemplo, é reportado que níveis muito baixos de oxigênio, como os ocorrentes em embalagens sob vácuo parcial, tendem a aumentar os teores de compostos fenólicos, substratos nos processos de escurecimento enzimático, em tecidos injuriados (Uritani & Asashi, 1980; Kahl, 1974), como no caso de batatas descascadas.

3.5. Atributos sensoriais e o tempo de armazenamento

Observou-se um aumento no escurecimento e um declínio na qualidade global e na firmeza das batatas durante o armazenamento (figura 8). A correlação verificada entre a qualidade global e o tempo de armazenamento foi $r = -0,95$ para 'Monalisa' e $r = -0,98$ para Ágata, revelando a ineficácia da tecnologia aplicada na manutenção de importantes atributos de qualidade em batatas 'Ágata' e 'Monalisa' minimamente processadas.

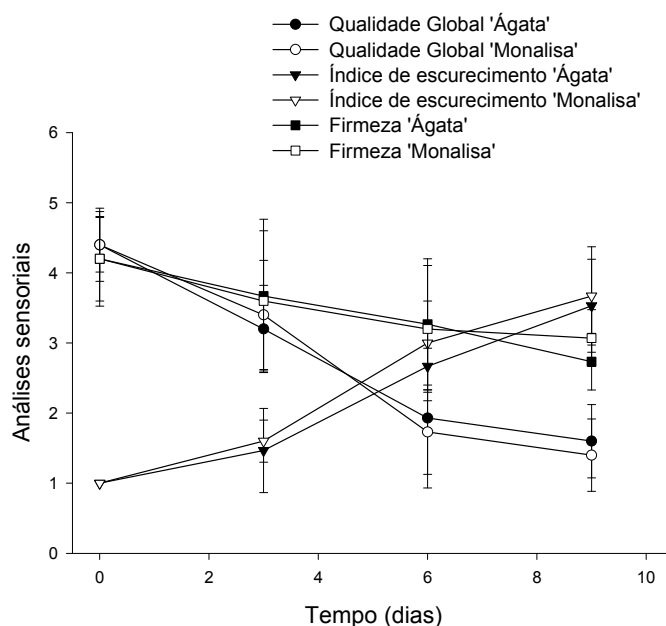


Figura 8. Tendência apresentada pelas características sensoriais de batatas minimamente processadas 'Ágata' e 'Monalisa' durante o armazenamento. Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, 2004.

Em função de as diversas etapas do processamento mínimo de hortaliças envolverem injúrias mecânicas de corte, abrasão, compressão e vibração, o metabolismo de produtos minimamente processados é bastante similar àquele de frutas e hortaliças submetidas a diferentes estresses mecânicos (Brecht, 1995), os quais contribuem, de maneira decisiva, para a redução da vida de prateleira dos produtos (Cantwell, 1992), além de modificarem atributos sensoriais em função de alterações em diversos processos degradativos associados à senescência dos tecidos (Wiley, 1994).

A conservação dos produtos processados está relacionada com diversos fatores, como a qualidade da matéria prima, as etapas e condições do

processamento, adequação das embalagens e a cadeia de distribuição do produto. Assim sendo, a avaliação de diversas alternativas tecnológicas para o processamento mínimo de batatas deve ser efetuada, o que envolve a aplicação de diferentes atmosferas modificadas, filmes poliméricos, tratamentos antioxidantes e refrigeração, visando à extensão da vida útil do produto.

4. CONCLUSÕES

As análises instrumentais de firmeza e de escurecimento foram satisfatórias na predição de seus julgamentos sensoriais, sendo recomendada a determinação do índice de escurecimento em substituição à análise do brilho L^* isoladamente. Nos casos em que mesmas variáveis instrumentais apresentaram correlações significativas com a qualidade global determinada sensorialmente, tem-se a possibilidade de aplicação das mesmas na predição da vida-de-prateleira do produto a partir das equações obtidas. As outras variáveis analisadas foram úteis para o reconhecimento das diferenças comportamentais entre cultivares submetidas ao mesmo tratamento, apresentando ausência ou diferentes níveis de correlação com as medidas sensoriais. A cultivar 'Ágata' foi a mais indicada para o processamento mínimo tendo em vista sua menor susceptibilidade ao escurecimento e seu formato arredondado, mais adequado para a produção de mini-batatas. Por fim, a análise sensorial permitiu concluir que a tecnologia aplicada não foi capaz de manter os atributos de qualidade do produto, sendo, portanto, necessário avaliar outros tipos de embalagens e tratamentos para obtenção de batatas firmes, frescas e sem escurecimento por um tempo viável à comercialização do produto. Nesse contexto, o uso de embalagens com atmosferas modificadas ativas em substituição à aplicação do vácuo parcial deverá ser avaliado.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, J. M. *Química de Alimentos – Teoria e Prática* 3^a.ed. Viçosa: Editora UFV,2003.

BARKER, J. Studies in the Respiratory and Carbohydrate metabolism in Plant Tissues. XXIV. The influence of a decrease in temperature on the content of certain phosphate esters in plant tissues. *New Phytologist*, v. 67, p.487-493, 1968.

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

BURGARD, D. R.; KUZNICKI, J. T. *Chemometrics and sensory data*. Boston. CRC Press, 1990, 196p.

CALBO, A. G.; NERY, A. A. Medida de firmeza em hortaliças pela técnica de aplanção. *Horticultura Brasileira*, v.13, n.1, p.14-18, 1995.

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

CANTWEL, M., *Postharvest handling systems: minimally processed fruits and vegetables*. In: KADER, A.A. (Ed). *Postharvest technology of horticultural crops*. 2ed University of California, Division of horticultural and natural resources, Davis, Publ., p. 273-281. 1992.

COELHO, A. H. R; VILELA, E. R; CHAGAS, S. J. R. Qualidade de Batata (*Solanum tuberosum* L.) para fritura, em função dos níveis de açúcares redutores e de amido, durante o armazenamento refrigerado e à temperatura ambiente com atmosfera modificada. *Ciência e Agrotec. Lavras*, v.23, n.4, p-900-911, 1999.

COSETENG, M. Y., LEE, C. Y. Changes in apple polyphenoloxidase and polyphenol concentrations in relation to degree of browning. *Journal of Food Science*, v.52, n.4, p.985-989, 1987

DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A. & SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.* v. 28, p.350-356, 1956.

DUPLESSIS, P. M.; MARANGONI, A. G.; YADA, R. Y. A Mechanism for low temperature induced sugar accumulation in stored potato tubers: the potential role of alternative pathway and invertase. *American Potato Journal*, v. 73, p.97-100, 1996.

FERREIRA, V.L.P.; ALMEIDA, T.C.A.; PETTINELLI, M.L.C.V.; SILVA, M.A.A.P.; BARBOSA, E.M.M. Análise sensorial: testes discriminativos e afetivos. PROFISQUA/SBCTA. Campinas, 1999.110p.

FLURKEY, W. H.; JEN, J. Peroxidase and polyphenoloxidase activities in developing peaches. *Journal of Food Science*, v.43, p.1826-1828, 1978.

FONTES, P.C.R.; FINGER, F.L. Pós-colheita do tubérculo de batata. 1ª. ed. Viçosa: Editora UFV, 2000.

GUNES, G.; LEE, C. Y. Colour of minimally processed potatoes as affected by modified atmosphere and anti-browning agents. *Journal of Food Science*, v. 62, p. 572-575,582, 1997.

GOLUBOWSKA, G. Changes of polysaccharide content and texture of potato during French-fries production. *Food Chemistry*, v.90, 847-851, 2004.

GUY, C. L. Cold acclimation and freezing stress tolerance: role of protein metabolism. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, v.41, p. 187-223, 1990.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sistema IBGE de Recuperação Automática. Produção Agrícola Municipal 2002. Disponível em www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo2.asp?e=v&p=pa&z=t&o=11 >. Acesso em: 16 jun. 2004.

IFPA. INTERNATIONAL FRESH CUT PRODUCE ASSOCIATION. Fresh-cut produce handling guidelines. 3. ed. Produce Marketing, 1999. 39 p.

ISHERWOOD, F. A. Starch-sugar interconversion in *Solanum tuberosum*. *Phytochemistry*, v. 12, p.2579-2591, 1973.

KAHL, G. Metabolism in plant storage tissue slices. *Botanical Review*, v.40, p. 94-104, 1974.

MORETTI, C.L. Desenvolvimento de tecnologia de processamento mínimo de hortaliças: agregação de valor, sustentabilidade ambiental e geração de renda para a agroindústria familiar, vigência:2003 – 2005, Banco Mundial / Embrapa, Brasília, 2003.

NOCTOR, G; FOYER, C. H. Ascorbate and glutathione: keeping active oxygen under control. *Annu. Rev. Plant. Physiol. Mol. Biol.*, v.49, p.249-279, 1998.

NOURIAN, F; RAMASWAMY, H. S; KUSHALAPPA, A. C. Kinetics of quality change associated with potatoes stored at different temperatures. *Lebensm.-Wiss. U.-Technol.* v.36, p.49–65, 2003.

NUNES, M. C. N.; BRECHT, J. K.; MORAIS, A. M. M. B.; SARGENT, S. A. Physical and chemical quality characteristics of strawberries after storage are reduced by a short delay to cooking. *Postharvest Biology and Technology*, v.6, p.17-28, 1995.

OHAD, I.; FRIEDBERG, I.; NEMAN, Z.; SCRAMM, M. Biogenesis and degradation of starch. the fate of amyloplast membrane during maturation and storage of potato tubers. *Plant Physiology*, v.47, p.465-477, 1971.

O'MAHONI, M. Sensory Evaluation of Food. Statistical Methods and Procedures. Davis, marcel Dekker, Inc., 1986, 487p.

PALOU, E., LÓPEZ-MALO, A., BARBOSA-CÁNOVAS, G.V., WELTI-CHAVES, J., SWANSON, B.G. Polyphenol oxidase activity and color of blanched and high hydrostatic pressure treated banana puree. *Journal of Food Science*, v. 64, p.42-45, 1999.

PRESSEY, R. Role of invertase in accumulation of sugars in cold-stored potatoes. *American Potato Journal*, v.46, p.291-297, 1969.

RANGANNA, S. Handbook of analysis and quality control for fruits and vegetables products. Tata Mcgraw Publishers, New Delhi, 1986. p.106-107.

SANDI, D.; CHAVES, J.B.P.; SOUSA, A.C.G.; SILVA, M.T.C.; PARREIRAS, J.F.M. Correlações entre características físico-químicas e sensoriais de suco de maracujá-amarelo. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.23, n.03, p.355-361, 2003.

TERADA, M.; WATANABE, Y.; KUNITOMA, M.; HAYASHI, E. Differential rapid analysis ascorbic acid and ascorbic acid 2-sulfate by dinitrophenylhydrazine method. *Annals of Biochemistry*, v.4, p.604-608, 1979.

URITANI, I.; ASASHI, T. Respiration and related metabolic activity in wounded and infected tissues. In: Davies, D.D. (ed.). The biochemistry of plants. A comprehensive treatise, v.02, New York: Academic Press, pp. 463-485, 1980.

VAN DIJK, C.; BEEKHUIZEN, J.; GIBSENS, T.; BOERIU, C.; FISCHER, M.; STOLLE-SMITS, T. Texture of cooked potatoes (*Solanum tuberosum*).2. Changes in pectin composition during storage of potatoes. *J. Agric. Food Chem.*, v.50 p.5089-5097, 2002a.

VAN DIJK, C.; FISCHER, M.; BEEKHUIZEN, J.; BOERIU, C.; STOLLE-SMITS, T. Texture of cooked potatoes (*Solanum tuberosum*). 3. Preheating and the consequences for the texture and cell wall chemistry. *Journal of Agric. and Food Chemistry*, v.50 p.5098-5106, 2002b.

WILEY, R.C. Minimally processed refrigerated fruits and vegetables. New York, Chapman & Hall, 368 p. 1994.

ZORZELLA, C.A.; VENDRUSCOLO, J.L.S.; TREPTOW, R.O.; ALMEIDA, T.L. caracterização física, química e sensorial de genótipo de batata processados na forma de chips. *Brazilian Journal of Food Technology*, v.06, n.01, p. 15-24, 2003.

CAPÍTULO 6

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DE BATATAS 'ÁGATA' MINIMAMENTE PROCESSADAS EMBALADAS SOB DIFERENTES ATMOSFERAS MODIFICADAS¹.

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DE BATATAS 'ÁGATA' MINIMAMENTE PROCESSADAS EMBALADAS SOB DIFERENTES ATMOSFERAS MODIFICADAS

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o escurecimento e alterações físicas e químicas em batatas 'Ágata' minimamente processadas embaladas sob diferentes atmosferas, durante o armazenamento refrigerado. Batatas (*Solanum tuberosum*, L.) 'Ágata' foram minimamente processadas como mini-batatas e embaladas em filmes de nylon multicamadas. Os tratamentos aplicados no momento da embalagem foram o vácuo parcial e as misturas 10%CO₂, 2%O₂, 88%N₂ ou 5%CO₂, 5%O₂, 90%N₂. Em seguida, foram armazenadas a 5°C. A cada 3 dias, amostras foram avaliadas para índice de escurecimento, atividade da polifenoloxidase e peroxidase, firmeza, sólidos solúveis totais e acidez titulável. Verificou-se que o armazenamento sob vácuo parcial foi o tratamento mais eficaz para controle do escurecimento, da atividade da polifenoloxidase e da peroxidase, e dos sólidos solúveis totais, tendo apresentado redução da firmeza, encharcamento da embalagem e maior acidez titulável. Os demais tratamentos apresentaram rápido desenvolvimento do escurecimento, aumento de firmeza em decorrência de ressecamento dos tubérculos, elevação nos sólidos solúveis totais e menor desenvolvimento da acidez em comparação a batatas sob vácuo parcial. A utilização de vácuo parcial seria o tratamento recomendado. Todavia, outros tratamentos devem ser avaliados, tendo em vista a manutenção de um produto firme, fresco, sem "off-flavors" e sem escurecimento.

Palavras-chave: processamento mínimo, batata, escurecimento, atmosfera modificada.

PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERIZATION OF 'ÁGATA' FRESH-CUT POTATOES PACKED UNDER DIFFERENT MODIFIED ATMOSPHERES

ABSTRACT

The present work was carried out aiming to evaluate physical and chemical characteristics of 'Ágata' fresh-cut potatoes packed under different modified atmospheres, during refrigerated storage. Potatoes, (*Solanum tuberosum* L.) 'Ágata' were minimally processed as baby potatoes and packed in nylon multilayers films. The treatments applied were partial vacuum, and atmospheres with 10%CO₂, 2%O₂, 88%N₂ and 5%CO₂, 5%O₂, 90%N₂. After that, they were stored at 5°C. Every 3 days tubers were evaluated for browning index, polyphenoloxidase and peroxidase activity, firmness, total soluble solids, and titratable acidity. It was verified that storage under partial vacuum was the best treatment to control browning, polyphenoloxidase and peroxidase activity and total soluble solids changes, having showed loss of firmness, package wetting and higher titratable acidity. Other treatments showed fast and sharp browning development, increase of firmness by the tubers dehydration, increase in total soluble solids and smaller acidity development comparing with tuber under partial vacuum. Partial vacuum package should be the most recommended treatment. However, other treatments must be evaluated in order to reach the maintenance of a firm, fresh product, without *off-flavors* and browning development.

Keywords: minimal processing, potato, browning, modified atmosphere.

1. INTRODUÇÃO

A batata (*Solanum tuberosum* L.) está entre os dez principais produtos agrícolas brasileiros, sendo a hortaliça mais importante para a economia nacional (IBGE, 2002). Entre as possibilidades para agregação de valor à batata destaca-se o processamento mínimo. Define-se produto minimamente processado como frutas ou hortaliças, ou combinação destas, que tenham sido fisicamente alteradas, mas que permaneçam no estado fresco (IFPA, 1999). Os estresses mecânicos causados pelo processamento aumentam a taxa de reações bioquímicas responsáveis pelas mudanças na cor, sabor, textura e qualidade nutricional dos produtos minimamente processados (Rocha *et al.*, 2003).

Um dos principais desafios ao processamento mínimo de batatas é a grande susceptibilidade dos tubérculos ao escurecimento, oriundo de reações catalisadas por enzimas, sendo a mais importante a Polifenol Oxidase (PPO). O escurecimento é iniciado pela oxidação de compostos fenólicos pela PPO. O produto inicial da oxidação é a quinona, que rapidamente se condensa, formando pigmentos escuros insolúveis, denominados melaninas, ou reage não enzimaticamente com outros compostos fenólicos, aminoácidos e proteínas, também formando melanina. (Araújo, 2003). Os fatores mais importantes na evolução da taxa do escurecimento enzimático provocado pela PPO são a concentração de PPO ativa e de compostos fenólicos, o pH, a temperatura e o oxigênio disponível no tecido. A enzima peroxidase (POD) também participa do escurecimento em hortaliças minimamente processadas e está relacionada com processos de cicatrização, como, por exemplo, a lignificação (Cantos *et al.*, 2002; López-Serrano & Ros-Barcelo, 1995). Sua ação promove a oxidação de compostos fenólicos na presença de peróxido de hidrogênio (Dunford & Stillman, 1976).

Vários métodos para prevenir o escurecimento enzimático podem ser aplicados em batatas. Todavia, a eficácia dos tratamentos, combinados ou de forma isolada, deve ser verificada. A aplicação de atmosfera modificada ativa ou passiva com baixas concentrações de O₂ e altas concentrações de CO₂ contribui para o controle do escurecimento e outros processos degradativos do produto, uma vez que reduz a velocidade dos processos aeróbicos e implica menor disponibilidade de O₂ para a atividade da PPO e da POD. A atmosfera modificada passiva é formada a partir da respiração do produto, que consome O₂ na embalagem fechada e libera

CO₂. O próprio polímero da embalagem restringe as trocas gasosas entre os ambientes interior e exterior devido a sua permeabilidade seletiva ao O₂ e ao CO₂. Após um tempo, o sistema alcança uma atmosfera modificada de equilíbrio com concentrações de O₂ menores e de CO₂ maiores do que no ar atmosférico. Já na atmosfera modificada ativa a mistura gasosa desejada é introduzida na embalagem antes da selagem, acelerando, desta forma, o alcance da atmosfera de equilíbrio no interior da embalagem. A aceleração do equilíbrio atmosférico em embalagens sob vácuo parcial dá-se pelo processo de retirada de ar antes da selagem, diminuindo, desta forma, o “*head-space*” (Zagory, 2000). Níveis reduzidos de O₂ reduzem a taxa respiratória de frutas e hortaliças frescas na proporção da concentração de O₂, o que se deve mais provavelmente à redução da atividade de oxidases, tais como polifenol oxidases, ácido ascórbico oxidase e ácido glicólico oxidase com baixa afinidade com o O₂, em benefício da citocromo oxidase, que tem alta afinidade com o O₂ (Kader, 1986).

O objetivo deste trabalho foi avaliar alterações físicas e químicas decorrentes do processamento mínimo de batatas embaladas sob atmosfera modificada ativa durante armazenamento refrigerado do produto

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Material vegetal. Batatas (*Solanum tuberosum* L.) da cultivar Ágata, classificação “primeirinha”, foram adquiridas na CEASA de Brasília e levadas ao Laboratório de Pós-Colheita da Embrapa Hortaliças onde foram selecionadas, classificadas e lavadas em água potável.

Processamento mínimo. Os tubérculos foram descascados por abrasão em máquina processadora (modelo PCED, Siemsem Ltda.) por 180 segundos em tambor revestido com lixa de 60 mesh e 36 segundos no segundo tambor revestido com lixa de 100 mesh. As batatas descascadas foram então enxaguadas em água potável, sanitizadas em água clorada com 150 ppm de cloro ativo por 5 minutos e centrifugadas, por 7 minutos, a 800 g.

Embalagem e armazenamento. O material foi posteriormente embalado em nylon multicamadas em seladora industrial (Selovac 200B, São Paulo) em porções de 200 gramas, e armazenado sob refrigeração a 5°C por 9 dias. Os tratamentos

aplicados no momento da embalagem foram o vácuo parcial e a aplicação de atmosfera modificada ativa, pela utilização das misturas 10% CO₂, 2%O₂, 88%N₂ ou 5% CO₂, 5%O₂, 90%N₂ (Moretti et al., 2003; Pilon, 2003; Wiley, 1994).

Análises químicas e físicas. A cada 3 dias os tubérculos minimamente processados foram avaliados quanto às seguintes variáveis.

Índice de escurecimento. O índice de escurecimento foi determinado por colorimetria L*a*b*, por meio de leitura no colorímetro Minolta Color Reader CR 10, calculado a partir da fórmula, de acordo com Palou *et al.* (1999):

$$IE = [100 (X - 0,31)] / 0,172; X = (a + 1,75.L) / (5,645.L + a - 3,021.b)$$

Atividade enzimática da polifenoloxidase e peroxidase. A atividade das enzimas polifenoloxidase e peroxidase foi determinada segundo o método descrito por Flurkey & Jen (1978), sendo o extrato lido a 395 nm para POP e a 470 nm para POD.

Firmeza. Determinada pelo método da aplanção descrito por Calbo & Nery (1995).

Sólidos solúveis totais. Os sólidos solúveis totais foram determinados com o auxílio de um refratômetro digital a partir do exsudado das amostras congeladas e descongeladas .

Acidez titulável. Determinada por titulação com NaOH 0,1N até pH 8,2, com auxílio de um phmetro HI8014 (Hanna Instruments) e de aparelho para determinação de acidez- Brinmann.

Análise estatística. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com 12 tratamentos arranjados em esquema fatorial 3x4 (3 tipos de atmosfera e 4 tempos de amostragem) com 3 repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de diferença mínima significativa em teste de comparações múltiplas, em que as diferenças entre dois tratamentos maior que a soma de dois desvios-padrões foram consideradas significativas ao nível de 5% de probabilidade (Shamaila *et al.*, 1992).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 são mostradas as embalagens de batatas minimamente processadas embaladas em diferentes atmosferas modificadas e armazenadas a 5 °C por 0, 3, 6, e 9 dias.



Figura 1. Batatas minimamente processadas embaladas sob diferentes atmosferas modificadas durante o armazenamento refrigerado. Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, 2004. VP - vácuo parcial; 10/2 – mistura 10%CO₂ / 2%O₂ e 88% N₂; 5/5 - 5%CO₂ / 5%O₂ e 90% N₂.

3.1. Índice de escurecimento e atividade da PPO e POD

O aumento do índice de escurecimento (IE) pôde ser observado em todos os tratamentos em intensidades diferentes (Figuras 1 e 2). Embalagens que possuíam inicialmente 5%CO₂ / 5%O₂ apresentaram maior IE ao longo do armazenamento, seguidas das embalagens com teores iniciais de 10%CO₂ / 2%O₂ e da embalagem sob vácuo parcial. Comparando-se com este último tratamento, percebeu-se que as embalagens com a mistura 5%CO₂ / 5%O₂ e com 10%CO₂ / 2%O₂ apresentavam aumento no IE de 46,5% e 35,0% em relação às embalagens sob vácuo parcial no nono dia de armazenamento, respectivamente.

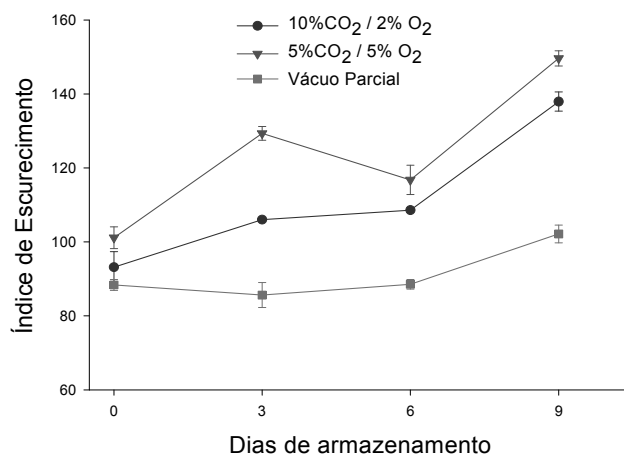


Figura 2. Índice de escurecimento em batatas 'Ágata' minimamente processadas, armazenadas sob diferentes atmosferas. Barras verticais representam \pm o desvio padrão da média. Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, 2004.

As atividades da PPO e da POD foram muito superiores em embalagens sem aplicação de vácuo parcial, já algumas horas após o processamento e armazenamento em câmara fria (Figuras 3a e 3b).

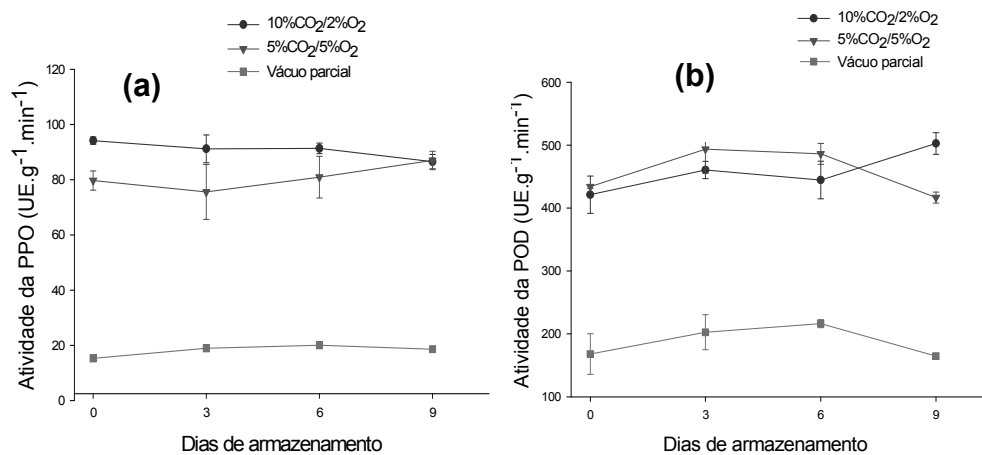


Figura 3. Atividade da Polifenoloxidase (a) e Peroxidase (b) em batatas 'Ágata' minimamente processadas sob diferentes atmosferas. Barras verticais representam \pm o desvio padrão da média. Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, 2004.

A maior atividade da PPO no dia do processamento foi verificado em embalagens armazenadas sob atmosfera modificada ativa com teores iniciais de 10% CO₂ / 2%O₂ (94,13 UE. g⁻¹.min⁻¹) seguida das embalagens com 5%CO₂ / 5%O₂ (79,71 UE.g⁻¹.min⁻¹) e das embalagens sob vácuo parcial (15,32 UE.g⁻¹.min⁻¹), não sendo observadas grandes alterações na atividade desta enzima até ao nono dia (Figura 3a).

Embalagens sem vácuo parcial não apresentaram diferença significativa na atividade da POD até o terceiro dia de armazenamento (Figura 3b). A atividade da POD no sexto dia era maior em batatas embaladas em atmosfera modificada ativa a 5%CO₂ / 5%O₂, ao passo que no nono dia a atividade desta enzima já se apresentava superior em embalagens sob 10% CO₂ / 2%O₂. Embalagens sob vácuo parcial apresentaram aumento significativo apenas no sexto dia de armazenamento, restabelecendo a atividade inicial, posteriormente, com valores de atividade de POD entre 2 e 3 vezes menor que os demais tratamentos durante todo o armazenamento.

Rocha *et al.* (2003) avaliaram o efeito da embalagem a vácuo na manutenção da qualidade de batatas 'Desirée' minimamente processadas, e observaram um decréscimo de aproximadamente 50% na atividade da PPO ao longo dos 7 dias de observação. Os autores consideraram o vácuo eficaz no controle do escurecimento enzimático e de outras variáveis que conferem qualidade ao produto.

Gunes & Lee (1997) demonstraram que uma modificação ativa da atmosfera na embalagem era necessária para estender a vida de prateleira de batatas, porém, a atmosfera modificada por si só não era capaz de evitar o escurecimento. O tratamento por imersão com solução de agentes inibidores do escurecimento seria essencial em batatas minimamente processadas. Os resultados aqui apresentados confirmam esta afirmativa. Dentre as atmosferas estudadas por esses autores, a de 100%N₂, em sacos de poliolefina multicamada, com alta permeabilidade, foi a mais eficaz. De acordo com Laurila *et al.* (1998), uma embalagem de composto poliamida-polietileno, com atmosfera de 20% CO₂ e 80% N₂, proporcionou a melhor qualidade sensorial para batatas fatiadas tratadas com ácidos cítrico e ascórbico como inibidores de escurecimento, após sete dias de estocagem. A concentração de oxigênio no espaço livre (*head space*) da embalagem era menor que 1,5% no sétimo dia de armazenamento.

Cantos *et al.* (2002) avaliaram o efeito do processamento mínimo sobre a atividade das enzimas polifenoloxidase, peroxidase e fenilalanina amônia liase e nos compostos fenólicos, em cinco cultivares de batatas. Os autores não encontraram correlação significativa entre o grau ou a taxa de escurecimento e quaisquer das variáveis investigadas. Entretanto, o aumento da atividade da peroxidase, verificada pela síntese de isoperoxidasas identificadas por eletroforese, confirmou a indução da atividade desta enzima como fenômeno comum no reino vegetal em resposta a situações de estresse, tais como injúrias mecânicas. Os autores ainda sugerem que para melhor compreensão dos fatores limitantes do desenvolvimento do escurecimento em batatas minimamente processadas, estudos adicionais envolvendo outros aspectos importantes (estabilidade de membrana, composição lipídica, teor de cálcio, atividade de proteases, práticas agrônômicas) são necessários. Semelhante ausência de correlação foi encontrada entre grau de escurecimento e atividade enzimática de maçãs durante o armazenamento a 0°C (Coseteng & Lee, 1987) e em batatas 'Ágata' e 'Monalisa' durante o armazenamento a 5°C, conforme observado no capítulo anterior.

3.2. Firmeza

A firmeza de batatas 'Ágata' minimamente processadas embaladas em 10%CO₂ / 2%O₂ e 5%CO₂ / 5%O₂ apresentou aumento significativo ao longo do armazenamento, enquanto batatas embaladas sob vácuo parcial não sofreram alterações significativas nessa variável (Figura 4).

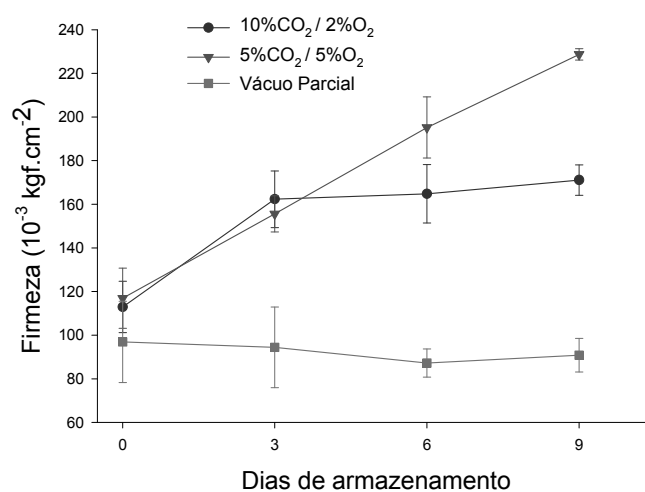


Figura 4. Firmeza em batatas 'Ágata' minimamente processadas armazenadas sob diferentes atmosferas. Barras verticais representam \pm o desvio padrão da média. Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, 2004.

Pode-se atribuir o aumento da firmeza nas embalagens 10%CO₂ / 2%O₂ e 5%CO₂ / 5%O₂ à considerável perda de água verificada nos tubérculos armazenados sob essas condições, que apresentavam superfície áspera e ressecada. O aumento na velocidade da perda d'água é o maior problema físico de ocorrência em frutas e hortaliças minimamente processadas. O corte ou descasque expõe os tecidos internos hidratados e aumenta drasticamente a taxa de evaporação da água. A diferença na taxa de perda d'água entre tecidos intactos e injuriados varia de 5 a 10 vezes em órgãos levemente suberizados, como a cenoura até mais de 500 vezes em órgãos intensamente suberizados, como as batatas (Burton, 1982). Cenouras minimamente processadas podem desenvolver um processo de esbranquiçamento devido à aceleração da perda d'água após o descasque (Tatsumi *et al.*, 1991) o que demanda a aplicação de coberturas comestíveis com a finalidade de minimizar este processo (Moretti *et al.*, 2003).

O corte e o descasque podem provocar, ainda, a ativação de mecanismos de defesa culminando na deposição de lignina e suberina nas paredes das células injuriadas (Dixon & Paiva, 1995; Dyer *et al.*, 1989), possivelmente seguido da divisão celular sob o tecido suberizado para recomposição da periderme (Burton, 1982). A lignificação após a injúria é uma reação enzimática, envolvendo a atividade da fenilalanina amônia liase em resposta ao stress (Dixon & Paiva, 1995). A lignina é um polímero complexo formado a partir de uma mistura de fenilpropanóides simples. Muitos destes compostos são induzidos pela injúria. O ácido clorogênico, os ésteres de alquil ferulato e outros ésteres fenólicos de parede celular podem agir diretamente como componentes de defesa ou podem ser precursores da síntese de lignina, suberina e outras barreiras polifenólicas (Dixon & Paiva, 1995; Bernards & Lewis, 1992; Halbrock & Scheel, 1989). Vale observar que a tensão de oxigênio (Lipton, 1975; Wiggton, 1974) e de gás carbônico (Lipton, 1975) podem inibir a lignificação e suberização em batatas injuriadas quando os níveis de O₂ estão abaixo de 10% e os de CO₂ acima de 5%. Os resultados mostrados na Figura 3 estão de acordo com estes autores, uma vez que batatas sob atmosfera 10% CO₂ e 2% O₂ apresentaram menor aumento da firmeza em relação a batatas embaladas a 5% CO₂ e 5% O₂. Batatas sob vácuo parcial apresentam a menor tensão de oxigênio na embalagem e não apresentaram aumento da firmeza, o que pode levar ao estabelecimento de uma relação inversa entre a tensão de O₂ e a inibição da síntese de lignina e suberina.

Desta forma, verificou-se que a desidratação e a deposição de lignina e suberina são, provavelmente, os fatores responsáveis pelo aumento na firmeza e outras alterações superficiais observadas em batatas minimamente processadas embaladas na ausência de vácuo. Apesar da manutenção da firmeza a 5°C, batatas sob vácuo parcial apresentaram superfície enrugada, embalagem encharcada e leve odor desagradável a partir do sexto dia, relacionados a processos fermentativos indesejáveis, o que compromete a aceitação do produto.

3.3. Sólidos Solúveis Totais

Batatas embaladas em atmosferas modificadas ativas de 10%CO₂ / 2%O₂ e 5%CO₂ / 5%O₂ apresentaram teor de sólidos solúveis totais maior que as batatas sob vácuo parcial.

Batatas embaladas sob vácuo parcial tiveram alteração significativa ($p \leq 0,05$) no teor de sólidos solúveis até o terceiro dia de observação, com posterior estabilização desta variável até o nono dia a 3,4° Brix, sendo 20% menor do que os demais tratamentos (Figura 5).

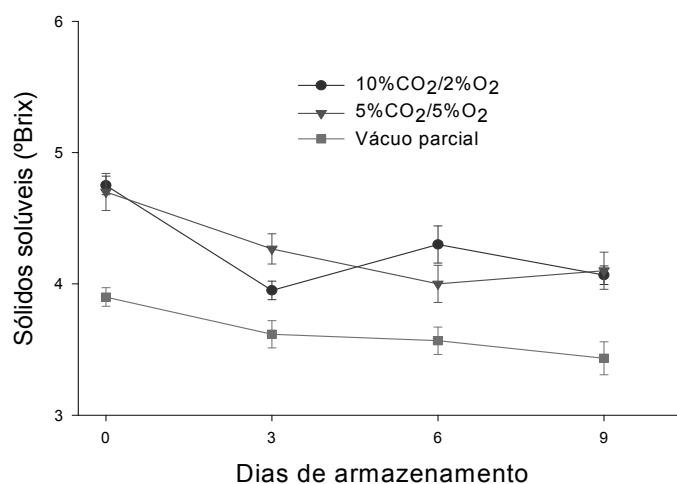


Figura 5. Sólidos Solúveis Totais em batatas 'Ágata' minimamente processadas, armazenadas a 5°C. Barras verticais representam \pm o desvio padrão da média. Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, 2004.

Tais resultados estão de acordo com os encontrados por Rocha *et al.* (2003), que observaram redução do teor de sólidos solúveis totais em batatas 'Desirée'

minimamente processadas e embaladas sob vácuo parcial após 7 dias de armazenamento a 6°C.

Quando se comparam os valores obtidos no presente experimento com os teores de sólidos solúveis totais em batatas 'Ágata' intactas (°Brix ao redor de 3,2 – dados não apresentados), verifica-se que os estresses mecânicos associados ao processamento mínimo provocaram aumento na atividade metabólica dos tubérculos, contribuindo para a degradação de componentes estruturais, em associação com processos de conversão do amido em açúcares pelo armazenamento a 5°C (Deiting *et al.*, 1998; Isherwood, 1973; Barker, 1968). Neste contexto, a embalagem sob vácuo parcial parece acarretar menores alterações nesta variável. Posteriormente, o açúcar é consumido nos processos respiratório e fermentativo, com produção de CO₂, água e ácidos orgânicos, respectivamente. Tais processos contribuem para a redução dos sólidos solúveis totais com o tempo, cujos valores são resultantes da diferença entre liberação e degradação de açúcares e outras substâncias.

3.4. Acidez Titulável

Verificou-se não haver diferença significativa na acidez titulável entre os diferentes tratamentos logo após o processamento mínimo, sendo que as batatas minimamente processadas apresentaram acidez em torno de 0,15% durante todo o período avaliado (Figura 6).

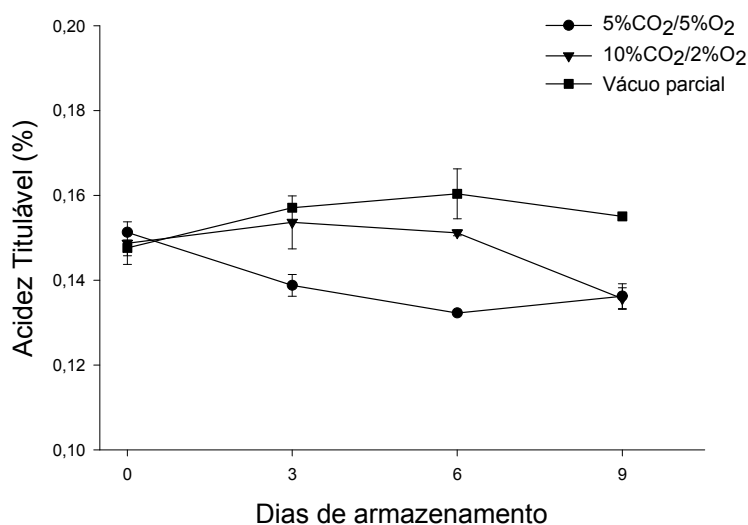


Figura 6. Acidez titulável em batatas 'Ágata' minimamente processadas armazenadas a 5°C. Barras verticais representam \pm o desvio padrão da média. Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, 2004.

Verificou-se que os tratamentos com menores concentrações de oxigênio na embalagem apresentaram maior acidez titulável no nono dia, provavelmente em função da ocorrência de processos anaeróbios. Segundo Smith (1977), a acidez titulável de batatas varia de 0,85 a 1,15 %. O valor determinado para a cultivar 'Ágata' intacta foi de 0,15%, bastante inferior ao relatado pelo autor, porém admissível ao se considerar as diferenças varietais. Rocha *et al.* (2003) avaliaram o efeito da embalagem a vácuo em batatas 'Desirée' minimamente processadas e observaram um aumento na acidez titulável após 7 dias de armazenamento o que está de acordo com os resultados encontrados neste trabalho para a cultivar 'Ágata'.

Kakiomenou *et al.* (1996) estudaram variações sensoriais em cenouras minimamente processadas e verificaram um aumento nos teores de ácidos orgânicos, com conseqüente diminuição nas notas de textura, caracterizado pelo amolecimento dos tecidos durante o armazenamento.

Pilon (2003) avaliou a acidez titulável em salada mista (batata e vagem) minimamente processada e verificou, que embora houvesse variação estatística entre as atmosferas avaliadas ($p \leq 0,05$), o comportamento desta variável durante o armazenamento por 21 dias foi estável. Dentre os tratamentos, o vácuo parcial apresentou a maior acidez titulável ao fim da avaliação.

4. CONCLUSÕES

O armazenamento sob vácuo parcial é o tratamento mais eficaz para o controle do escurecimento enzimático em batatas 'Ágata' minimamente processadas, sendo, apesar disso, observado o aumento do IE nestas condições. Adicionalmente, a redução da firmeza e o encharcamento da embalagem conferem aspecto desagradável às embalagens a vácuo, o que poderia comprometer a aceitação do consumidor. Observa-se nas embalagens sob atmosfera modificada ativa o desenvolvimento do escurecimento de forma muito rápida e intensa, inviabilizando a sua aplicação para a cultivar Ágata de forma isolada. Todavia, a associação de tratamentos antioxidantes com estas atmosferas deve ser avaliada como alternativa para obtenção de um produto mais estável no que diz respeito à firmeza, cor e aspecto de frescor.

5.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, J.M. *Química de Alimentos – Teoria e Prática* 3^a.edição. Viçosa: Editora UFV, 2003.

BARKER, J. Studies in the Respiratory and Carbohydrate metabolism in Plant Tissues. XXIV. The Influence of a Decrease in temperature on the Content of Certain Phosphate Esters in Plant Tissues. *New Phytologist*, v. 67, p.487-493, 1968.

BERNARDIS, M.A.; LEWIS, N.G. Alkyl ferulates in wound healing potatoes tubers. *Phytochemistry*, v.31, p.3409-3412, 1992.

BURTON, W.G. Post-harvest physiology of food crops. Longman, London, 1982.

CALBO, A.G.; NERY, A.A. Medida de firmeza em hortaliças pela técnica de aplanção. *Horticultura Brasileira*, v.13, n.01, p.14-18, 1995.

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

COSETENG, M.Y., LEE, C.Y. changes in apple polyphenoloxidase and polyphenol concentrations in relation to degree of browning. *Journal of Food Science*, v.52, n.4, p.985-989, 1987.

DEITING, U. ZRENNER, R, STITT, M. Similar temperature requirement for sugar accumulation and for the induction of new forms of sucrose phosphate synthase and amylase in cold-stored potato tubers. *Plant Cell and Environment*, v.21, p.127-138, 1998.

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

DUNDFORD, H.B.; STILLMAN, J.S. On the function and mechanism of action of peroxidases. *Coordination of Chemistry Review*, v.19, p.187-251, 1976.

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

FLURKEY, W.H.; JEN, J. Peroxidase and polyphenoloxidase activities in developing peaches. *Journal of Food Science*, Chicago, v.43, p.1826-1828, 1978.

GUNES, G.; LEE, C.Y. Colour of minimally processed potatoes as affected by modified atmosphere and ant browning agents. *Journal of Food Science*, v. 62, p. 572-575,582, 1997.

HAHLBROCK, K.; SCHEEL, D. Physiology and molecular biology of phenylpropanoid metabolism. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, v.40, p.4150-4157, 1995.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sistema IBGE de Recuperação Automática. Produção Agrícola Municipal 2002. Disponível em <www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo2.asp?e=v&p=pa&z=t&o=11>. Acesso em 16 jun. 2004.

IFPA. INTERNATIONAL FRESH CUT PRODUCE ASSOCIATION. Fresh-cut produce handling guidelines. 3. ed. Produce Marketing, 1999. 39 p.

ISHERWOOD, F.A. Starch-sugar interconversion in *Solanum tuberosum*. *Phytochemistry*, v. 12, p.2579-2591, 1973.

KADER, A.A. Biochemical and Physiological Basis for Effects of Controlled and Modified Atmospheres on Fruits and Vegetables. *Food Technology*, v.40, n.5, p. 99-104, 1986.

KAKIOMENOU, K.; TASSOU, C; NYCHAS, G. Microbiological, physicochemical and organoleptics changes of shredded carrots stored under modified storage. *International Journal of Food Science and Technology*, v.31, p.359-366, 1996.

LAURILA, E.; KERVINEN, R.; AHVENAINEN, R. The inhibition of enzymatic browning in minimally processed vegetables and fruits. Review article. *Post Harvest*

News and Information. (1998a). Disponível em <[http:// hort.cabweb.org](http://hort.cabweb.org)> Acesso em 10 jun. 2003.

LIPTON, W.J. Controlled atmospheres for fresh vegetables and fruits - why and when. In: N.F. Haard and D.F. Salunkhe (eds.), *Postharvest biology and handling of fruits and vegetables*. AVI Publ. Co., Westport, CT., 1975.

LÓPEZ-SERRANO, M.; RÓS-BARCELO, A. Activity of peroxidase in unripe and processing strawberries. *Food Chemistry*, v.52, p.157-160, 1995.

MORETTI, C.L.; TEIXEIRA, J.M.A.; MATTOS, L.M.; MINIM, V.P.R.; VIEIRA, J.V.; KLUGE, R.A.; JACOMINO, A.P. Mini cenouras tratadas com recobrimento comestível tem esbranquiçamento reduzido. In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 43, 2003, Recife. *Anais...Recife: SOB*, 2003. CD-ROM.

PALOU, E., LÓPEZ-MALO, A., BARBOSA-CÁNOVAS, G.V., WELTI-CHAVES, J., SWANSON, B.G. Polyphenol oxidase activity and color of blanched and high hydrostatic pressure treated banana puree. *Journal of Food Science*, v. 64, p.42-45, 1999.

PILON, L. *Estabelecimento de vida útil de hortaliças minimamente processadas sob atmosfera modificada e refrigeração*. Piracicaba, 2003, 128p. Dissertação (mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo (USP).

ROCHA, A. M.C.N.; COULON, E.C.; MORAIS, A.M.M.B. Effects of vacuum packaging on the physical quality of minimally processed potatoes. *Food Service Technology*, v. 3, p.81-88, 2003.

SHAMAILA, M.; POWRIE, W.D.; SKURA, B.J. Sensory evaluation of strawberry fruit stored under modified atmosphere packaging (MAP) by quantitative descriptive analysis. *Journal of Food Science*, v.57, p.1168-1172, 1992.

SMITH, O. *Potatoes: production, storing, processing*. 2a. edição. Westpot,:Avi. Publishing, 1977.

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

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

CAPÍTULO 7

**REDUÇÃO DO ESCURECIMENTO DE BATATAS 'ÁGATA'
MINIMAMENTE PROCESSADAS PELA ASSOCIAÇÃO DE
ATMOSFERA MODIFICADA E ANTIOXIDANTES¹.**

REDUÇÃO DO ESCURECIMENTO DE BATATAS 'ÁGATA' MINIMAMENTE PROCESSADAS PELA ASSOCIAÇÃO DE ATMOSFERA MODIFICADA E ANTIOXIDANTES

RESUMO

O escurecimento enzimático da batata minimamente processada reduz o valor comercial do produto. Alternativas tecnológicas para a inibição das enzimas envolvidas nesse processo são extremamente desejáveis. O objetivo deste trabalho foi avaliar as alterações químicas e físicas em batatas 'Ágata' minimamente processadas, embaladas sob atmosfera modificada em associação com antioxidantes. Batatas (*Solanum tuberosum* L.) da cultivar Ágata, classificação "primeirinha", foram minimamente processadas como mini-batatas e tratadas por imersão em soluções antioxidantes de ácido cítrico a 2%, ácido eritrórbico a 3%, combinação de ácido cítrico a 2% e ácido eritrórbico a 3%, e combinação de ácido cítrico a 3% e ácido eritrórbico a 5% embaladas em filmes de *nylon* multicamadas. Os três primeiros tratamentos foram embalados sob atmosfera modificada passiva enquanto ao último tratamento aplicou-se atmosfera modificada ativa com 10%CO₂, 2%O₂, 88%N₂. Em seguida, as batatas foram armazenadas em câmara fria a 5°C. A cada 3 dias amostras foram avaliadas para índice de escurecimento, atividade enzimática da polifenoloxidase e peroxidase, açúcares totais, amido e vitamina C. Observou-se que o tratamento com aplicação de antioxidantes em associação com atmosfera modificada ativa apresentou índice de escurecimento 24% menor e atividade enzimática da PPO e da POD 92% e 73% menor, respectivamente, que a média dos demais tratamentos no nono dia de observação. Houve elevação nos teores de vitamina C total, observado principalmente em tratamentos que utilizaram ácido eritrórbico. Observou-se uma correlação entre a degradação do amido e o aumento nos teores de açúcares solúveis totais e da vitamina C total em alguns tratamentos. O tratamento com aplicação de antioxidantes em associação com atmosfera modificada ativa foi o que apresentou melhor manutenção dos atributos de qualidade de batatas minimamente processadas.

Palavras-chave: processamento mínimo, batata, escurecimento, antioxidantes, atmosfera modificada.

BROWNING CONTROL OF 'AGATA' FRESH-CUT POTATOES BY ASSOCIATION OF MODIFIED ATMOSPHERES AND ANTIOXIDANTS

ABSTRACT

Enzymatic browning of minimally processed potatoes reduces the final price of the product. Technological alternatives to inhibit the enzymes involved in this process are extremely desirable. The present work was carried out aiming to evaluate chemical and physical characteristics in fresh-cut 'Ágata' potatoes stored under active and passive modified atmospheres and treated with different antioxidants. Potatoes (*Solanum tuberosum* L.) 'Ágata' were minimally processed as baby potatoes and treated with antioxidants solutions as follows: citric acid (2%), eritorbic acid (3%), combination of citric acid (2%) and eritorbic acid (3%), and stored under passive modified atmosphere. A fourth treatment consisting of the combination of citric acid (3%) and eritorbic acid (5%), in association with active modified atmosphere (10%CO₂, 2%O₂, 88% N₂) was set up. All treatments were packed in multilayer nylon films. After packaging potatoes were stored under 5 °C. Every 3 days tubers were evaluated for browning index, enzymic activity (polyphenoloxidase and peroxidase), total soluble sugars, starch, and total vitamin C. It was verified that baby potatoes treated with citric acid (3%) and eritorbic acid (5%), in association with active modified atmosphere (10%CO₂, 2%O₂, 88% N₂), had a browning index that was 24% lower than the average of the other 3 treatments at the end of the experimental period. Similarly, polyphenoloxidase and peroxidase activity were 92 and 73% lower, respectively, in the treatment where antioxidants and active modified atmosphere were combined than the average of the other three treatments at the ninth day of storage. There was an increase in total vitamin C content, mainly in treatments in which eritorbic acid was applied. It was observed a correlation among starch degradation and increase of total soluble sugars and total vitamin C content in some treatments. Combination of antioxidants and active modified atmosphere showed the best maintenance of quality attributes for fresh-cut potatoes.

Keywords: minimal processing, potato, browning, antibrowning agents, modified atmosphere.

1. INTRODUÇÃO

Um dos desafios ao processamento mínimo de batatas é a susceptibilidade dos tubérculos ao escurecimento enzimático oriundo de reações catalisadas por enzimas, sendo a polifenol oxidase (PPO) a mais importante. Tais reações ocorrem quando há ruptura da célula, embora possam também ocorrer no tecido intacto de frutas e hortaliças (Araújo, 2003). Os fatores mais importantes na evolução da taxa do escurecimento enzimático provocado são a concentração de PPO ativa e de compostos fenólicos, o pH, a temperatura e o oxigênio disponível no tecido. O pH ótimo da PPO varia com a fonte da enzima e com o substrato. Na maioria dos casos situa-se entre 6 e 7 e seu ajuste para valores inferiores a 4 possibilita o controle do escurecimento enzimático, desde que se considerem os aspectos sensoriais do produto (Laurila *et al.*, 1998a,1998b).

A peroxidase (POD) também é responsável pelo escurecimento em hortaliças minimamente processadas. A POD contém um grupo heme e está relacionada com processos de cicatrização como, por exemplo, a lignificação (Cantos *et al.*, 2002). O grau de injúria afeta a intensidade dos processos de escurecimento. Em condições ideais, batatas inteiras descascadas podem ser estocadas sem agentes inibidores de escurecimento por sete dias (Ahvenainen *et al.*,1998), o que não é possível para batatas em fatias (Laurila *et al.*,1998a).

Vários métodos para prevenir o escurecimento enzimático podem ser aplicados em batatas. Muitos inibidores de escurecimento são conhecidos mas apenas alguns são potencialmente alternativos ao uso de sulfito (Vamos-Vigyázó,1981). Os sulfitos apresentam várias aplicações em alimentos, prevenindo os processos de escurecimento enzimático e não-enzimático, controlando o crescimento de microrganismos, atuando como agente antioxidante, além de outras funções (Laurila *et al.*, 1998b). Entretanto, provocam a corrosão de equipamentos, a diminuição do valor nutricional, a perda de firmeza e a formação de sabores e odores desagradáveis (*off-flavors*) nos produtos aos quais é aplicado. Adicionalmente, o uso de sulfitos está cada vez mais associado a diversos malefícios à saúde (Langdon,1987; McEvily *et al.*,1991) e é cada vez maior o número de pessoas no mundo que apresentam alguma reação alérgica a esse produto (Wiley, 1994). Nos Estados Unidos, produtos consumidos frescos não podem ser tratados com sulfitos (FDA, 1996).

Dentre os antioxidantes mais pesquisados destacam-se os ácidos cítrico, ascórbico e eritrórbico. Sua acessibilidade no mercado, como ingredientes já em amplo uso na indústria alimentícia, aponta-os como opções para a indústria de batatas minimamente processadas. O custo do ácido eritrórbico, cinco vezes inferior ao de seu isômero, ácido ascórbico, justifica seu uso neste trabalho, de forma isolada ou em combinação com o ácido cítrico.

A aplicação de atmosfera modificada ativa ou passiva, com baixas concentrações de O_2 e altas de CO_2 , também contribui para o controle do escurecimento e outros processos degradativos, uma vez que reduz a velocidade dos processos aeróbicos e implica baixa disponibilidade de O_2 para a atividade da PPO. A atmosfera modificada passiva é formada a partir da respiração do produto, que consome O_2 na embalagem fechada e libera CO_2 . O próprio polímero da embalagem restringe as trocas gasosas entre os ambientes interior e exterior, devido à sua permeabilidade seletiva ao O_2 e ao CO_2 . Após um tempo, o sistema alcança uma atmosfera modificada de equilíbrio com concentrações de O_2 menores e de CO_2 maiores do que no ar atmosférico. Já na atmosfera modificada ativa, a mistura gasosa desejada é introduzida na embalagem antes da selagem, acelerando, desta forma, o alcance da atmosfera de equilíbrio no interior da embalagem (Zagory, 2000).

Apesar da existência de diversos estudos enfocando o controle de escurecimento enzimático em produtos hortícolas, existe uma lacuna na literatura no que diz respeito a adoção de técnicas combinadas para redução dessa desordem em cultivares nacionais com potencial de aproveitamento para o processamento mínimo.

O objetivo deste trabalho foi caracterizar física e quimicamente batatas 'Ágata' minimamente processadas, submetidas a diferentes tratamentos com antioxidantes e atmosfera modificada.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Material vegetal: Batatas (*Solanum tuberosum* L.) 'Ágata' da classificação "primeirinha" foram adquiridas na CEASA de Brasília, levadas ao Laboratório de Pós-Colheita da Embrapa Hortaliças, selecionadas, classificadas e lavadas em água potável;

Processamento mínimo: Tubérculos foram descascados por abrasão em máquina processadora (modelo PCED, Siemsem Ltda.) por 180 segundos em tambor revestido com lixa de 60 mesh e por 36 segundos no segundo tambor revestido com lixa de 100 mesh. As batatas descascadas foram enxaguadas em água potável, sanitizadas em água com 150 ppm de cloro ativo por 5 minutos, imersas em soluções antioxidantes por 3 minutos e centrifugadas, por 7 minutos, a 800 g.

Tratamento com antioxidantes. As soluções antioxidantes usadas foram: 1) 2% de ácido cítrico; 2) 3% de ácido eritrórbico; 3) 2% de ácido cítrico + 3% de ácido eritrórbico; e 4) 3% de ácido cítrico + 5% de ácido eritrórbico.

Embalagem e armazenamento. O material foi posteriormente embalado em nylon multicamadas em seladora industrial (Selovac 200B, São Paulo) em porções de 200 gramas, e armazenado sob refrigeração a 5°C por 9 dias. Os três primeiros tratamentos foram embalados sob atmosfera modificada passiva enquanto o último tratamento foi embalado sob atmosfera modificada ativa, pela utilização da mistura 10% CO₂, 2% O₂, 88% N₂.

Análises químicas e físicas. A cada 3 dias os tubérculos minimamente processados foram avaliados quanto às seguintes variáveis:

Índice de escurecimento. O índice de escurecimento foi determinado por colorimetria L*a*b*, por meio de leitura no colorímetro Minolta Color Reader CR 10, calculado de acordo com Palou *et al.*, (1999) a partir da fórmula:

$$IE = [100 (X - 0,31)] / 0,172; X = (a + 1,75.L) / (5,645.L + a - 3,021.b)$$

Atividade enzimática da polifenoloxidase e peroxidase. A atividade das enzimas polifenoloxidase e peroxidase foi determinada segundo o método descrito

por Flurkey & Jen (1978), sendo o extrato lido a 395 nm para POP e a 470 nm para POD.

Açúcares solúveis totais. Determinados pelo método fenol-sulfúrico descrito por Dubois *et al.* (1956).

Teor de amido. Determinação feita a partir de adaptação realizada no método de Ranganna (1986), com extração de açúcares por solução de etanol (80%) a quente, em 3 estágios, e hidrólise ácida do resíduo, também em 3 estágios, com ácido perclórico (52%), com posterior determinação dos açúcares pelo método fenol-sulfúrico.

Teor de vitamina C total. A vitamina C total foi quantificada de acordo com metodologia descrita por Terada *et al.* (1978), modificado por Nunes *et al.* (1995).

Análise estatística: O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 16 tratamentos provenientes de um fatorial 4x4 (4 combinações de antioxidantes com atmosfera modificada e 4 tempos de armazenagem), com 3 repetições. A unidade experimental considerada correspondeu a uma embalagem de 200 gramas. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste da diferença mínima significativa ($p \leq 0,05$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 são mostradas as batatas minimamente processadas submetidas a diferentes tratamentos com antioxidantes e acondicionadas sob atmosferas modificadas por 0, 3, 6, e 9 dias de armazenamento.

Quanto à aparência, pôde-se observar que batatas submetidas ao tratamento com ácidos eritrórbico e cítrico, associado à aplicação de atmosfera modificada ativa mantiveram o aspecto de frescor e a ausência do escurecimento. Os demais tratamentos apresentaram escurecimento em diferentes intensidades a partir do terceiro dia da avaliação.



Figura 1. Batatas minimamente processadas tratadas com ac. eritrórbico 3% (a), ac.cítrico 2% + ac. eritrórbico 3% (b), ac. cítrico 2% (c) em atmosfera modificada passiva e ac. cítrico 3%+ ac. eritrórbico 5% em atmosfera modificada ativa (d). Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, 2004.

3.1. Índice de escurecimento (IE)

O tratamento com ácido cítrico a 2% combinado com ácido eritrórbico a 3% apresentou melhor controle do escurecimento do que os tratamentos aplicados isoladamente, até ao terceiro dia de armazenamento. No nono dia, os IE dos tratamentos sob atmosfera modificada passiva estavam muito próximos e mostravam aumento do escurecimento das batatas de aproximadamente 10,5% em relação aos valores iniciais. O tratamento com atmosfera modificada ativa, em associação aos antioxidantes combinados, apresentou índice de escurecimento 6,2% menor do que a média dos IE dos demais tratamentos logo após o processamento mínimo, indicando uma diferença significativa no controle do escurecimento nas primeiras horas após a injúria aos tubérculos. Não se observou elevação do IE para o tratamento sob atmosfera modificada ativa e, ao final do experimento, verificou-se que o IE desse tratamento era aproximadamente 24% menor do que o dos demais tratamentos (Figuras 1 e 2).

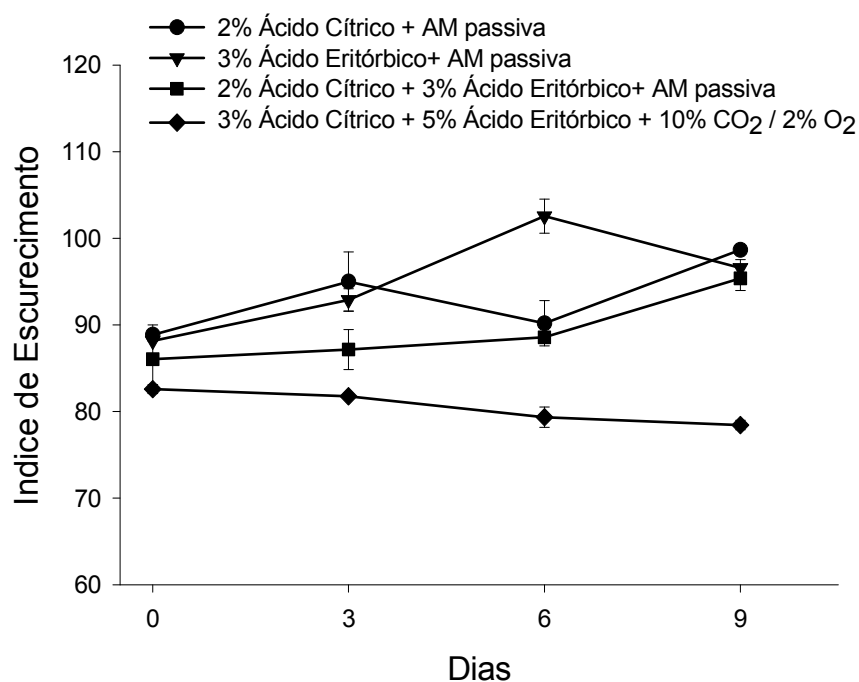


Figura 2. Índice de escurecimento de batatas 'Ágata' minimamente processadas armazenadas a 5°C com aplicação de antioxidantes e embalagem sob atmosfera modificada ativa e passiva. Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, 2004. AM = atmosfera modificada. Barras verticais representam o desvio-padrão da média.

Diversos trabalhos avaliaram os efeitos das embalagens e de diferentes atmosferas no escurecimento de batatas minimamente processadas (Langdon, 1987; Maga, 1995; Gunes & Lee, 1997; Laurila *et al.*, 1998a) e na composição nutricional. (Ahvenainen *et al.*, 1998; Tudela *et al.*, 2002, 2003). Gunes & Lee (1997) demonstraram que a modificação ativa da atmosfera na embalagem era necessária para estender a vida de prateleira de batatas, porém, a atmosfera modificada por si só não era capaz de evitar o escurecimento. Os resultados confirmam a necessidade do tratamento por imersão com solução de agentes inibidores do escurecimento em batatas minimamente processadas. Quando se estudou a modificação da atmosfera, observou-se que a de 100%N₂, em sacos de poliolefina multicamada, com alta permeabilidade, foi a mais eficaz. De acordo com Laurila *et al.* (1998a), uma embalagem 80 mm de poliamida e polietileno com atmosfera de 20% CO₂ e 80% N₂, com ácidos cítrico e ascórbico como inibidores de escurecimento, proporcionou a melhor qualidade sensorial para batatas fatiadas, após sete dias de estocagem. A concentração de oxigênio no espaço livre da embalagem era menor do que 1,5% no sétimo dia de armazenamento.

Soluções de N-acetil-L-cisteína (1%), ácido pentacético dietilenotriamina (DTPA) (1%), e ácido eritrórbico (5%) + ácido cítrico (1%) usadas para tratamento de batatas em palitos, seguindo-se estocagem em atmosfera modificada a 1 e 6°C, foram eficazes no retardamento do escurecimento enzimático. O tratamento com ácidos cítrico e eritrórbico foi o único a ser comparado favoravelmente com batatas frescas preparadas, após 14 dias a 1°C ou 7 dias a 6°C (Cacace *et al.*, 2002). Os resultados para o tratamento com atmosfera modificada ativa, associada aos ácidos cítrico e eritrórbico, estão em concordância com os destes autores, que observaram ainda que todos os tratamentos foram fortemente afetados pela temperatura de armazenamento.

3.2 Atividade enzimática:

Os tratamentos armazenados sob atmosfera modificada passiva não apresentavam diferenças estatísticas quanto à atividade da PPO logo após o processamento mínimo e assim permaneceram durante o período experimental (Figura 3a).

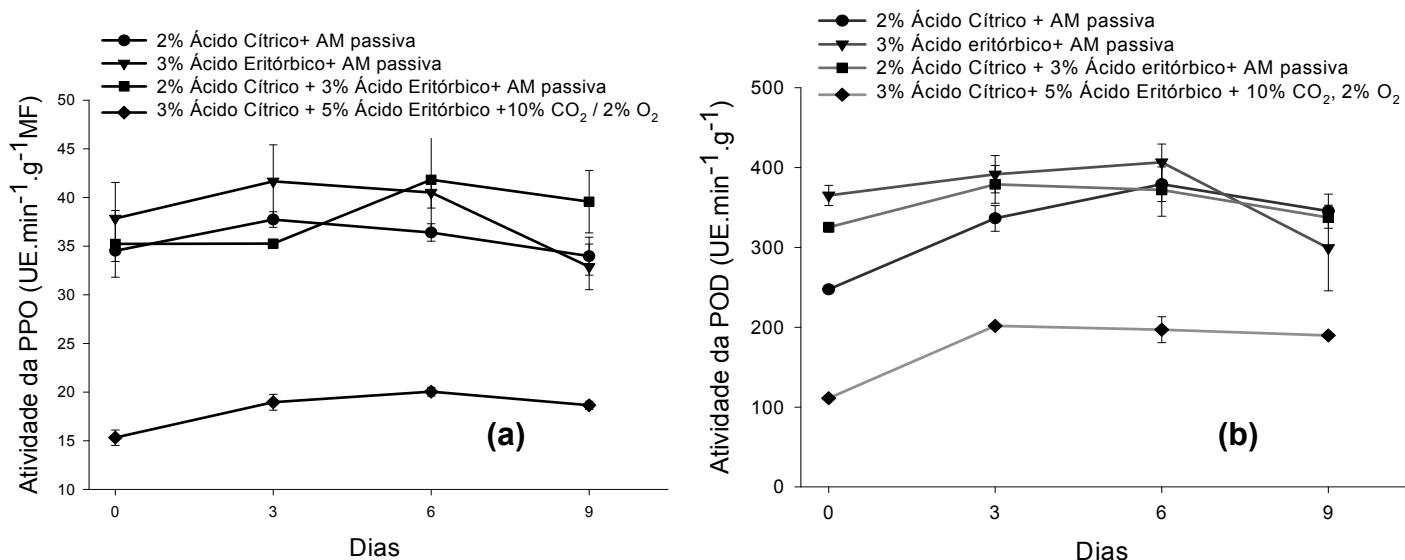


Figura 3. Atividade enzimática da polifenoloxidase (PPO) (a) e peroxidase (POD) (b) de batatas 'Ágata' minimamente processadas armazenadas a 5°C com aplicação de antioxidantes e embalagem sob atmosfera modificada ativa e passiva. Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, 2004. AM = atmosfera modificada. Barras verticais representam o desvio-padrão da média.

A combinação de ácido cítrico a 2% e ácido eritrórbico a 3% teve a atividade da enzima ampliada em 18,6%, do terceiro para o sexto dia, apresentando a maior atividade da PPO no nono dia de armazenamento (39,6 UE.g⁻¹.min⁻¹). Por outro lado, o tratamento que reunia a combinação de dois antioxidantes sob atmosfera modificada ativa foi o mais eficaz na inibição da atividade da PPO, que se apresentava 2,3 e 1,9 vezes menor do que a média dos demais tratamentos, no dia do processamento e após 9 dias de armazenamento, respectivamente.

A atividade da POD no dia do processamento foi maior em batatas tratadas com 3% de ácido eritrórbico (365,04 UE .g⁻¹ .min⁻¹), e menor em batatas armazenadas sob atmosfera modificada ativa (111,14 UE .g⁻¹ .min⁻¹) (Figura 3b). O tratamento com 2% de ácido cítrico e o tratamento com 3% de ácido eritrórbico

apresentaram aumento na atividade da POD até o sexto dia de armazenagem com posterior redução. Batatas tratadas com antioxidantes combinados em atmosfera modificada passiva ou ativa apresentaram controle da atividade da POD já a partir do terceiro dia (Figura 3b). Observou-se ainda, que a atividade da POD era 2,8 e 1,7 vezes menor no tratamento sob atmosfera ativa em relação à média dos demais tratamentos no dia do processamento e após 9 dias de armazenamento, respectivamente.

Cantos *et al.* (2002) avaliaram o efeito do processamento mínimo sobre a atividade das enzimas polifenoloxidase, peroxidase e fenilalanina amônia liase e nos compostos fenólicos, em cinco cultivares de batatas. Não encontraram correlação significativa entre o grau ou taxa de escurecimento e quaisquer das variáveis investigadas. Entretanto, o aumento da atividade da peroxidase, verificada pela síntese de isoperoxidasas identificadas por eletroforese, confirmou a indução da atividade desta enzima como fenômeno comum no reino vegetal em resposta a situações de estresse, como injúrias mecânicas. Os autores sugerem que para melhor compreensão dos fatores limitantes do desenvolvimento do escurecimento em batatas minimamente processadas, estudos adicionais de outros aspectos importantes (estabilidade de membrana, composição lipídica, teor de cálcio, atividade de proteases, práticas agronômicas) são necessários. Semelhante ausência de correlação foi encontrada entre grau de escurecimento e atividade enzimática de maçãs durante o armazenamento a 0°C (Coseteng & Lee, 1987)

Os resultados observados nas Figuras 2, 3a e 3b mostram que o tratamento em que houve combinação de antioxidantes em atmosfera modificada ativa foi o mais eficaz no controle do escurecimento e da atividade das enzimas PPO e POD, o que se traduziu em manutenção da cor original do produto, o que indica que tais tratamentos podem tornar viável a produção e comercialização de batatas minimamente processadas quando o aspecto visual é colocado em perspectiva.

3.3. Açúcares Solúveis Totais e Amido

O teor de açúcares solúveis totais dos tratamentos avaliados variou de 10,31 a 14,84 g.kg⁻¹ MF durante todo o período experimental (Figura 4a).

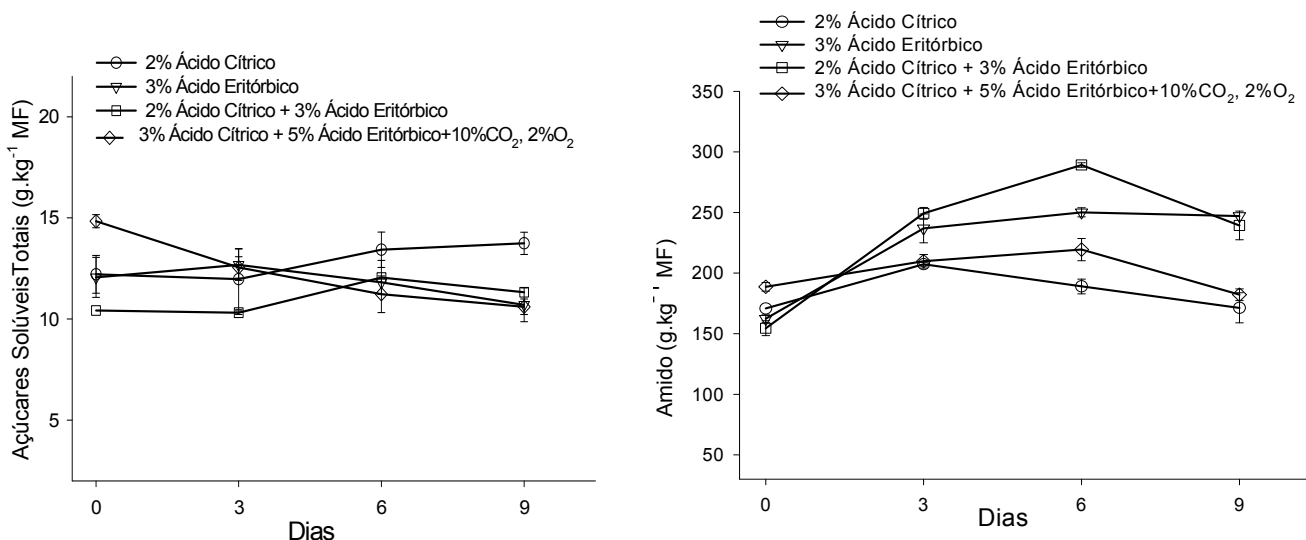


Figura 4. Teores de açúcares solúveis totais (a) e amido (b) de batatas 'Ágata' minimamente processadas armazenadas a 5°C com aplicação de antioxidantes e embalagem sob atmosfera modificada ativa e passiva. Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, 2004. AM = atmosfera modificada. Barras verticais representam o desvio-padrão da média.

Batatas tratadas com 2% de ácido cítrico apresentaram, ao final de nove dias, aumento de 12,5% no conteúdo de açúcares solúveis totais, enquanto nos tubérculos tratados com 3% de ácido eritrórbico foi verificada uma redução de 12,7% no nono dia em comparação com os valores iniciais. Observou-se, ainda, em batatas tratadas com combinação de antioxidantes sob atmosfera modificada passiva um aumento de aproximadamente 17,0%, no sexto dia, com subsequente retorno aos patamares iniciais (Figura 4a).

A maior concentração de açúcares solúveis totais foi encontrada nas batatas armazenadas sob atmosfera modificada ativa, com valor inicial de 14,84g.kg⁻¹MF, que se reduziu, até ao último dia de avaliação, em aproximadamente 40,0%, igualando-se aos demais tratamentos. No nono dia de armazenamento observou-se que batatas tratadas com 2% de ácido cítrico possuíam o maior teor de açúcares solúveis totais, único que não sofreu imersão em ácido eritrórbico.

O teor de amido avaliado nas batatas minimamente processadas sofreu aumento ou manutenção de seus valores, dependendo do tratamento em questão (Figura 4b). Segundo Borgstrom (1946), os teores de amido encontrados na matéria fresca de batata abrangem uma faixa de 90 a 180 g.kg⁻¹MF e podem ser citadas como fontes de variação a cultivar, época do ano, temperatura e tempo de armazenamento, entre outros fatores (Nourian *et al.*, 2003; Hertog *et al.*, 1996). Os valores encontrados no dia do processamento estão de acordo com os valores citados pelo autor.

A conversão de amido em açúcares parece ser reversível (Isherwood, 1973). Entretanto, o aumento nos teores de amido encontrados no presente experimento parece estar mais relacionado com a perda d'água sofrida pelos tubérculos, constatada pela umidade superficial crescente do produto após a centrifugação e durante o armazenamento. De acordo com Nourian *et al.* (2003), a degradação do amido ocorre rapidamente com a diminuição da temperatura, enquanto a variação dos açúcares totais e redutores está diretamente relacionada com o tempo de armazenamento. As condições de baixa temperatura resultam em acúmulo de ATP no tecido de batata e acarretam a ativação da via alternativa, conhecida como respiração resistente ao cianeto, que diminui os níveis de ATP e, simultaneamente, incrementa as concentrações de sacarose, provavelmente via fosforilase (Isherwood, 1973; Barker, 1968). A sacarose torna-se o substrato da invertase ácida vacuolar, que originará o acúmulo de açúcares redutores (Duplessis *et al.*, 1996). A indução do acúmulo de açúcares pelo frio estaria ainda relacionada com a deterioração das membranas dos amiloplastos (Ohad *et al.*, 1971), favorecendo a ação da enzima amidofosforilase sobre o amido (Fontes & Finger, 2000).

A inibição da conversão do amido em açúcares pela presença de CO₂ já foi observada, assim como o aumento na síntese de amido e mudanças na atividade metabólica após a injúria aos tubérculos (Smith, 1977). Isto poderia explicar, parcialmente, o maior teor de amido em batatas armazenadas sob atmosfera modificada ativa, com 10% de CO₂ e 2% de O₂ no dia do processamento, em comparação aos demais tratamentos, embalados sob atmosfera modificada passiva.

De acordo com Pressey (1969), a atividade da sacarose sintetase, importante enzima envolvida na síntese do amido, é maior em tubérculos jovens de batata, em que se incluem fisiologicamente tubérculos da classificação "primeirinha". Apesar da

provável distorção provocada pela perda de água, pode-se perceber um processo de degradação do amido nas batatas submetidas ao tratamento com 2% de ácido cítrico, evidenciando após o terceiro dia uma degradação aparente de 21,0%.

A maior degradação do amido em batatas tratadas com ácido cítrico está em consonância com o crescimento do teor de açúcares solúveis totais verificado para este tratamento, sendo possível estabelecer correlações similares entre os resultados das Figuras 4a e 4b para o tratamento com ácido eritrórbico 3%. Batatas submetidas ao armazenamento sob atmosfera modificada ativa tiveram aumento no teor de amido até o sexto dia, a partir do qual se observou redução de 20,7% até o nono dia. Sugere-se para melhor avaliação desta variável a determinação do teor de amido sobre a matéria seca ao longo do armazenamento, ou, alternativamente, o acompanhamento da matéria seca do produto, ou determinação da perda d'água por métodos gravimétricos, o que possibilitaria uma associação com os resultados indicados na Figura 4b.

3.4. Vitamina C Total

O teor de vitamina C total (Figura 5) também foi influenciado pela adição de antioxidantes aos tubérculos.

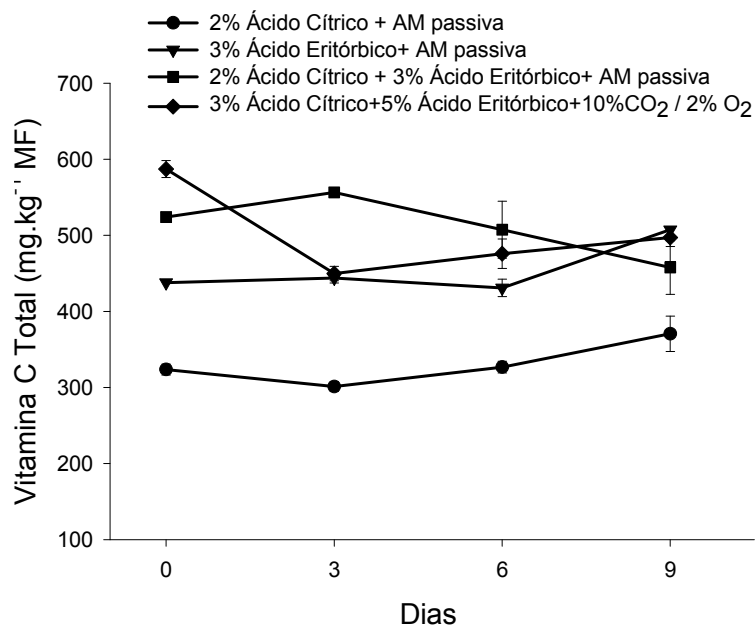


Figura 5. Vitamina C total de batatas 'Ágata' minimamente processadas armazenadas a 5°C com aplicação de antioxidantes e embalagem sob atmosfera modificada ativa e passiva. Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, 2004. AM = atmosfera modificada. Barras verticais representam o desvio-padrão da média.

O ácido eritrórbico é o isômero do ácido ascórbico e pode ter causado alguma distorção na análise de vitamina C total. Observa-se que a curva com menor concentração de vitamina C total é a dos tubérculos tratados com 2% de ácido cítrico, única que não sofreu imersão em ácido eritrórbico. Além disso, a adição de antioxidantes pode prevenir a oxidação da vitamina C presente naturalmente na batata.

De acordo com Davey *et al.* (2000), batatas apresentam teores de vitamina C que variam entre 100 e 300 mg.kg⁻¹ MF. Estes valores podem variar de acordo com a cultivar, com as práticas agrícolas, colheita e condições de estocagem. O teor de vitamina C encontrado neste experimento em batatas intactas da cultivar Ágata, classificação "primeirinha", foi de 220,9 mg.kg⁻¹MF, dentro do intervalo proposto pelo autor. Os valores encontrados em batatas minimamente processadas, tratadas com antioxidantes, situaram-se acima deste intervalo.

Verificou-se que no dia do processamento todos os tratamentos diferiam entre si, sendo que batatas armazenadas sob atmosfera modificada ativa apresentavam o maior teor de vitamina C (587,14 mg. Kg⁻¹MF), seguindo-se o tratamento com combinação de antioxidantes armazenado sob atmosfera passiva (524,07 mg.kg⁻¹ MF), tratamento com 3% de ácido eritórbito (437,76 mg. kg⁻¹MF) e 2% de ácido cítrico (323,55 mg. kg⁻¹MF). Batatas tratadas com a combinação de antioxidantes e armazenadas sob atmosfera modificada ativa sofreram redução nos teores de vitamina C total ao terceiro dia de armazenamento, com posterior acúmulo até o nono dia. Os tratamentos com antioxidantes isolados, 2% de ácido cítrico e 3% de ácido eritórbito, também apresentaram acúmulo de vitamina C com o tempo, com aumento de até 16,0% em seus teores (Figura 5). O tratamento no qual se combinou os antioxidantes sob atmosfera modificada passiva foi o único que apresentou diminuição da vitamina C total (14,5%), mas ainda assim permaneceu com valor 2,3 vezes superior ao das batatas intactas.

Batatas minimamente processadas são capazes de reter seu teor inicial de vitamina C, total ou parcialmente, uma vez que as perdas decorrentes de processos de oxidação são compensadas pelo aumento na biossíntese de ácido ascórbico (Tudela *et al.*,2002; Mondy & Leja,1986; Asselbergs & Francis,1952). Esse aumento pode estar correlacionado com a maior atividade da enzima L-galactono- γ -lactona desidrogenase (GLDH) em tecidos de batata injuriados (Oba *et al.*,1994), a qual catalisa o passo final da biossíntese de ácido ascórbico (Mutsuda *et al.*,1995; Oba *et al.*,1994) e poderia ser resultado da maior necessidade de poder antioxidante em nível celular para fazer frente ao estresse provocado pelo processamento mínimo (Imahori *et al.*, 1997; Tudela *et al.*, 2003). Além disso, o aumento da atividade respiratória provocado pelo processamento mínimo leva à degradação do amido, com acúmulo de glicose, substrato requerido no processo de síntese de ascorbato (Noctor & Foyer,1998).

Prasanna *et al.* (2000) observaram que o pico respiratório ou climatérico em maçãs durante o amadurecimento coincide com seu teor máximo de ácido ascórbico, o que reforça uma possível correlação entre degradação do amido, aumento dos açúcares totais e síntese de ascorbato. Comportamento semelhante foi observado para tubérculos tratados com 2% de ácido cítrico, que a partir do terceiro dia de armazenamento apresentou redução nos teores de amido e aumento nos

teores de açúcares solúveis totais e na vitamina C total, simultaneamente (Figuras 4a, 4b e 5).

Fatias de batatas de 1-2mm, mantidas ao abrigo da luz, sob constante ventilação por 72-96 horas, apresentaram aumento de 150 a 200% em seus teores de vitamina C (Smith, 1977). O teor de vitamina C em um alimento deve incluir os teores de ácido ascórbico e deidroascórbico, uma vez esta última forma pode ser facilmente convertida na primeira no organismo humano. O ácido deidroascórbico pode ser oxidado irreversivelmente a ácido dicetogulônico, sem qualquer atividade de vitamina C (Parviainen & Nyssonen, 1992), o que significaria na prática a perda de valor nutricional. A oxidação do ascorbato pela ascorbato oxidase aumenta em condições de estresse, exposição a patógenos, altas temperaturas, íons metálicos e agentes químicos (Lee & Kader, 2000). Portanto, o teor de vitamina C em batatas minimamente processadas é resultante de processos biossintéticos e degradativos que ocorrem simultaneamente.

No estudo apresentado, deve-se considerar a possibilidade da ocorrência de síntese de ascorbato em resposta ao estresse oxidativo e o efeito distorcivo da aplicação de antioxidantes na determinação da vitamina C total. Vale ressaltar que o método empregado para análise desta variável refere-se a materiais com teores baixos de vitamina C (50-400 mg. kg⁻¹MF), não sendo adequado para fontes mais ricas do nutriente. Como alguns tratamentos ultrapassaram os valores recomendados, outros métodos devem ser utilizados para confirmação dos resultados mais elevados. A utilização da técnica de cromatografia líquida de alta resolução (Tudela *et al.*, 2002) para determinação de ácido ascórbico e ácido deidroascórbico seria interessante para elucidação das possíveis interferências causadas pelos antioxidantes e para acompanhamento mais rigoroso dos processos biossintéticos e degradativos que envolvem o ascorbato nos tubérculos de batata. Tudela *et al* (2003) estudaram o efeito do processamento mínimo, com subsequente armazenamento sob refrigeração, a 4°C, de batatas da cultivar Manon, sob diferentes atmosferas (ar, ar + 20% de CO₂, 100% N₂, e embalagem a vácuo), na atividade da enzima L-galactono- γ -lactona dehidrogenase e no teor de Vitamina C. A embalagem a vácuo provou ser a melhor condição de embalagem, tendo evitado o escurecimento e retido 89% da Vitamina C, seguido das atmosferas 100% N₂ (78% retenção) e 20% CO₂ + ar (63% de retenção). O trabalho conduzido no capítulo 4

com batatas 'Ágata' e 'Monalisa' minimamente processadas sob vácuo parcial e diferentes temperaturas de armazenamento confirmam a eficácia deste tipo de embalagem na retenção da vitamina C, tendo sido observado acúmulo entre 49,0 e 58,4% deste nutriente ao fim dos nove dias de avaliação. Todavia, a perda de firmeza, o encharcamento da embalagem e o desenvolvimento de processos anaeróbios levando a odores desagradáveis comprometeram a aceitação do produto, o que levou à rejeição da utilização de vácuo nas embalagens.

Questiona-se ainda a relevância da determinação da vitamina C total em batatas, já que não se trata de um alimento consumível *in natura* e que podem sofrer expressivas reduções nos teores desta vitamina ao ser submetido aos vários processos térmicos. Burg & Fraile (1995) estudaram a cinética da destruição da vitamina C em cinco tipos de cozimento (forno de superaquecimento a vapor, forno de convecção livre, forno de convecção forçada, microondas e panela de pressão) e concluíram que a qualquer condição a retenção de vitamina C no final do tempo de cozimento era de aproximadamente 70% e que a destruição devia-se principalmente a ação enzimática. Logo, pode-se concluir que o consumo de batatas contribui para o atendimento às necessidades diárias de vitamina C, ao se considerar a RDA de 60mg/pessoa.dia (RDA, 1989), o seu teor médio de vitamina C (100 e 300 mg. Kg⁻¹ MF), as quantidades de batata consumidas, sobretudo em países que possuem este tubérculo em sua base alimentar, e a síntese de vitamina C nos tecidos injuriados, de forma a compensar parcial ou totalmente as perdas que vierem a ser sofridas em etapas como o cozimento.

4. CONCLUSÕES

A aplicação de antioxidantes em atmosfera modificada passiva não foi eficaz no controle do escurecimento de batatas minimamente processadas, dada a ocorrência de escurecimento gradual em alguns tubérculos das embalagens de todos os tratamentos, inviabilizando o produto já no terceiro dia de armazenagem. O tratamento combinado de antioxidantes em associação com atmosfera modificada ativa mostrou ser bastante eficaz no controle do escurecimento e manutenção de outros atributos de qualidade de batatas minimamente processadas. O efeito de antioxidantes nos teores de vitamina C total atende às necessidades nutricionais de consumo diário, consolidando a participação da batata no aporte deste importante nutriente. Para validação da tecnologia proposta pela associação de antioxidantes e atmosfera modificada ativa, as batatas minimamente processadas obtidas por este processo deverão ser avaliadas sensorialmente para verificação da sua vida de prateleira e da aceitabilidade por parte de seus consumidores potenciais.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ARAÚJO, J.M. Química de Alimentos – Teoria e Prática 3ª.edição. Viçosa: Editora UFV, 2003.

ASSELBERGS, E.A.M.; FRANCIS, F.J. Studies on the formation of Vitamin C of potato tissue. *Canadian Journal of Botanic*, v.30, p. 665, 1952.

BARKER, J. Studies in the respiratory and carbohydrate metabolism in plant tissues. XXIV. The influence of a decrease in temperature on the content of certain phosphate esters in plant tissues. *New Phytologist*, v. 67, p.487-493, 1968.

BORGSTROM, G. Principles of Food Science 2ª. ed. Connecticut: Food and Nutrition Press, 1946.

BURG, P.; FRAILE, P. Vitamin C destruction during the cooking of a potato dish. *Lebensm.-Wiss und Technol.*, v.28, p. 506-514, 1995.

CACACE, J.E.; DELAQUIS, P.J.; MAZZA, G. Effect of chemical inhibitors and storage temperature on the quality of fresh-cut potatoes *J. Food Quality*, v. 25, n.3, p. 181-196, 2002.

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

COSETENG, M.Y., LEE, C.Y. Changes in apple polyphenoloxidase and polyphenol concentrations in relation to degree of browning. *J. Food Science*, v.52, n.4, p.985-989, 1987.

DAVEY, M.W.; MONTAGU, M.V.; INZÉ, D.; SANMARTIM, M.; KANELIS, A.; SMIRNOFF, N.; BENZIE, I.J.J.; STRAIN, J.J.; FAVEL, D.; FLETCHER, J. Plant ascorbic acid: chemistry, function, metabolism, bioavailability and effects of processing. *J. Sci. Food Agric.*, v.80, p.825-860, 2000.

DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P.A. & SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.* v. 28, p.350-356, 1956.

DUPLESSIS, P.M.; MARANGONI, A.G.; YADA, R.Y. A mechanism for low temperature induced sugar accumulation in stored potato tubers: the potential role of alternative pathway and invertase. *American Potato Journal*, v. 73, p.97-100, 1996.

FDA. Chemical preservatives. Food and Drug Administration. Code of Federal Regulations title 21, Part 182, Washington DC, USA; The Office of Federal Register. 1996. 120 p.

FLURKEY, W.H.; JEN, J. Peroxidase and polyphenoloxidase activities in developing peaches. *J. Food Science*, v.43, p.1826-1828, 1978.

FONTES, P.C.R.; FINGER, F.L. Pós-colheita do tubérculo de batata. 1^a. ed. Viçosa: Editora UFV, 2000, 46p.

GUNES, G.; LEE, C.Y. Colour of minimally processed potatoes as affected by modified atmosphere and anti browning agents. *J. Food Science*, v. 62, p. 572-575,582, 1997.

HERTOG, M.L.A.T.M.; TUSKENS, L.M.M.; HAK, P.S. The effects of temperature and senescence on the accumulation of reducing sugars during storage of potato (*Solanum tuberosum* L.) tuber: a mathematical model. *Postharvest Biology and Technology*, v.10, p.67-69, 1996.

IMAHORI, Y.; YAN-FEI, Z.; UEDA, Y.; ABE, K; CAHCHIN, K. Effects of wound stress by slicing sweet pepper fruits on ascorbic acid metabolism. *J.Jpn. Soc. Hortic. Sci.*, v. 66,p. 175-183, 1997.

ISHERWOOD, F.A. Starch-sugar interconversion in *Solanum tuberosum*. *Phytochemistry*, v. 12, p.2579-2591, 1973.

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. *J. Food Protection*, v.61, n.10, 1363-1386, 1998a.

LAURILA, E.; KERVINEN, R.; AHVENAINEN, R. The inhibition of enzymatic browning in minimally processed vegetables and fruits. Review article. *Post Harvest News and Information*. (1998b). Disponível em <[http:// hort.cabweb.org](http://hort.cabweb.org)> Acesso em: 10 jun. 2003.

LEE, S.K.; KADER, A.A. Preharvest and Post-harvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology*, v.20, p.207-220, 2000.

MAGA, J.A. Influence of dips, modified atmospheric packaging, and storage time on the enzymatic discoloration of processed raw potatoes. In: Charambolous, G. (Ed) *Food Flavors: generation analysis and process influence*. Amsterdam, Elsevier Science Publishers BV, 1995, p.491-496.

MCEVILY, A.J.; Iyengar, R.; Otwell, W.S. Sulfite alternative prevents shrimp melanosis. *Food Technology*, v.45, p.80-86, 1991.

MONDY, N.I.; LEJA, M. Effect of mechanical injury on the ascorbic acid content of potatoes. *J. Food science* , v.51, p.355-35, 1986.

MORETTI, C.L.; ARAÚJO, A.L.; MATTOS, L.M. Evaluation of different oxygen, carbon dioxide and nitrogen combinations employed to extend shelf life of fresh-cut collard greens. *Horticultura Brasileira*, v. 21, p. 678-682, 2003.

MUTSUDA, M.; ISHIKAWA, T.; TAKEDA, T.; SHIGEOKA, S. Subcellular localization and properties of L-Galactono- γ - lactone Dehydrogenase in spinach leaves. *Biosci., Biotech., and Biochem.*, v.59, p.1983-1984, 1995.

NOCTOR, G; FOYER, CH. Ascorbate and glutathione: keeping active oxygen under control. *Annu. Rev. Plant. Physiol. Mol. Biol.*, v.49, p.249-279, 1998.

NOURIAN, F; RAMASWAMY, HS; KUSHALAPPA, AC. Kinetics of quality change associated with potatoes stored at different temperatures. *Lebensm.-Wiss. U.-Technol.*, v.36, p.49–65, 2003.

NUNES, M.C.N.; BRECHT, J.K.; MORAIS, A.M.M.B.; SARGENT, S.A. Physical and chemical quality characteristics of strawberries after storage are reduced by a short delay to cooking. *Postharvest Biology and Technology*, v.6, p.17-28, 1995.

OBA, K. FUKUI, M.; IMAI, Y.; IRYAMA, S.; NOGAMI, K. L-Galactono- γ - lactone dehydrogenase: partial characterization, induction of activity and role in the synthesis of ascorbic acid in wounded white potato tuber tissue. *Plant Cell. Physiology*, v. 35, p.473-478, 1994.

OHAD, I.; FRIEDBERG, I.; NEMAN, Z.; SCRAMM, M. Biogenesis and degradation of starch. the fate of amyloplast membrane during maturation and storage of potato tubers. *Plant Physiology*, v.47, p.465-477, 1971.

PARVIAINEN, M.T.; NYSSONEM, K. Ascorbic acid. In: LEENHEER, A.P.D; LAMBERT, W.E. NELIS, H (Eds) *Modern Chromatografic Annalysis of Vitamins*. New York: Marcel Dekker, 1992.

PILON, L. *Estabelecimento de vida útil de hortaliças minimamente processadas sob atmosfera modificada e refrigeração*. Piracicaba, 2003, 128p. Dissertação (mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo (USP).

PRASANNA, K.N.V., RAO, D.V.S. KRISHNAMURTHY, S., Effect of storage temperature on ripening and quality of custard apple (*Annona squamosa* L.) fruits. *J. Hortic. Sci. Biotech.*, v.75, p. 546-550, 2000.

PRESSEY, R. Role of invertase in accumulation of sugars in cold-stored potatoes. *American Potato Journal*, v.46, p.291-297, 1969.

RANGANNA, S. *Handbook of analysis and quality control for fruits and vegetables products*. Tata Mcgraw Publishers, New Delhi, 1986, 107p.

RDA. Recommended Dietary Allowances. Subcommittee on the tenth edition of RDA's. Food Nutrition Board. Commission of life sciences. National Research Council. National Academic Press: Washington, DC, 1989.

SMITH, O. Potatoes: production, storing, processing. 2a. ed. Westpot,:Avi. Publishing, 1977, 414p.

TERADA, M.; WATANABE, Y.; KUNITOMA, M.; HAYASHI, E. Differential rapid analysis ascorbic acid and ascorbic acid 2-sulfate by dinitrophenilhydrazine method. *Annals of Biochemistry*, v.4, p.604-8, 1979.

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

TUDELA, J.A.; HERNÁNDEZ, J.A.; GIL, M.I.; ESPÍN, J.C. L- galactono- γ - lactone dehydrogenase activity and vitamin C content in fresh-cut potatoes stored under controlled atmospheres. *J. Agric. Food Chem.*, v.51, p.4296-4302, 2003.

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

WILEY, R. C. Minimally processed refrigerated fruits and vegetables. New York, Chapman & Hall, 1994. 368 p.

ZAGORY, D. What Modified Atmosphere Packaging can and can't do for you (2000). Disponível em: www.davisfreshtech.com/articles.html. Acesso em 14 abr 2003.

CAPÍTULO 8

ACEITABILIDADE E VIDA DE PRATELEIRA DE BATATAS MINIMAMENTE PROCESSADAS.

ACEITABILIDADE E VIDA DE PRATELEIRA DE BATATAS MINIMAMENTE PROCESSADAS¹

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi determinar a aceitabilidade de batatas minimamente processadas. Batatas 'Ágata', classificação primeirinha, foram processadas na forma de mini-batatas, imersas em ácido cítrico a 3%, e ácido eritórico a 5%, centrifugadas, embaladas em atmosfera modificada com 10%CO₂ e 2%O₂ (balanço N₂ – 88%), e armazenadas a 5°C por 9 dias. A análise sensorial foi realizada por meio de teste de aceitabilidade a cada 3 dias de armazenamento e por questionário de aplicação domiciliar. Os consumidores receberam embalagens de batatas minimamente processadas e uma ficha de avaliação com caracterização sócio-econômica, hábitos de consumo de batatas e de produtos minimamente processados, avaliação das características do produto embalado e avaliação sensorial no produto cozido em domicílio. Participaram 70 mulheres e 48 homens, classes A, B e C, entre 20 e 65 anos, todos consumidores habituais de batatas e 79,7% consumidores de produtos minimamente processados. Quanto à aceitação do produto embalado, observou-se que 47,0% dos provadores gostaram extremamente; 41,7%, moderadamente e 13% foram indiferentes às batatas minimamente processadas. As batatas pareciam frescas para 93,9% dos provadores e pouco frescas para 6,1%. Para 92,2% as batatas apresentavam ausência de escurecimento e 6,1% consideraram-nas levemente escurecidas. Após o cozimento, as batatas foram bem aceitas para todos os atributos avaliados. Os resultados obtidos permitem concluir que os produtos processados apresentaram aspectos de frescor e foram bem aceitos antes e após a cocção; assim como os tratamentos aplicados à matéria-prima promoveram adequado controle do escurecimento enzimático e ampliaram a vida de prateleira dos produtos.

Palavras-chave: *Solanum tuberosum* L., processamento mínimo, análise sensorial.

¹ Encaminhado para publicação na forma de artigo em fevereiro de 2005 na revista Ciência e Tecnologia de Alimentos (ISSN 0101- 2061, nível A / nacional).

ACCEPTABILITY AND SHELF-LIFE OF FRESH CUT POTATOES

ABSTRACT

This work was carried out to determine fresh-cut potato acceptability. 'Agata' potatoes, grade "primeirinha", were minimally processed as baby potatoes, immersed in acid citric (3%), eritorbic acid 5%, centrifuged, packed under modified atmosphere with 10%CO₂ and 2%O₂ (balance N₂ – 88%), and then stored at 5°C for 9 days. Samples were evaluated in domiciliary acceptance test (test of acceptability) after 0, 3, 6 and 9 days of storage. For testing the product, consumers were given a package of fresh cut potatoes and a questionnaire that included questions about economic characterization, potatoes and fresh cuts consumption habits, packed product evaluation and sensory evaluation of the product cooked in domicile. Evaluation group was formed by 70 women and 48 men, from A, B and C economic categories, ages between 20 and 65 years old, all potato consumers, and 79,7% consumers of fresh cuts. About the acceptance of the packed product, it was observed that 47.0% of the panel members had liked it extremely, 41.7% had liked it moderately and 11.3% were indifferent to fresh cut potatoes. Potatoes seemed fresh for 93.9% of the panel members, and little fresh for 6.1%. For 92.2% of the panel, potatoes did not present browning, and for 6.1% it was considered slightly browned. After cooking, potatoes were well accepted for all the attributes evaluated. It was concluded that fresh cut potatoes showed fresh aspect, good browning control, good shelf life and good level of accepted in packed and cooked forms.

Keywords: *Solanum tuberosum* L., minimal processing, sensory analysis.

1. INTRODUÇÃO

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é um tubérculo originário da América do sul, cujo consumo tornou-se generalizado mundialmente, podendo ser encontrada em diferentes pratos da cozinha internacional. Pode ser comercializada na forma minimamente processada, oferecendo, ao consumidor e aos serviços de refeição coletiva, praticidade, conveniência e padronização.

Enquanto a maioria das tecnologias para processamento de alimentos é desenvolvida com vistas à extensão da vida de prateleira dos produtos perecíveis, o processamento mínimo abrevia a conservação de frutas e hortaliças (Moretti, 2004). Em função das diversas etapas do processamento mínimo dessas hortaliças envolverem injúrias mecânicas de corte, abrasão, compressão e vibração, o metabolismo dos produtos minimamente processados é bastante similar àquele de frutas e hortaliças submetidas a diferentes estresses mecânicos (Brecht, 1995), os quais contribuem, de maneira decisiva, para a redução da vida de prateleira dos produtos (Cantwel, 1992), além de modificarem atributos sensoriais em função de alterações em diversos processos degradativos associados à senescência dos tecidos (Wiley, 1994).

Produtos minimamente processados de qualidade devem possuir aparência fresca e consistente, textura aceitável, sabor e aroma característicos, além de vida de prateleira suficiente para que o produto sobreviva ao sistema de distribuição (Moretti et al., 2003). É importante também que as indústrias busquem identificar e atender aos anseios dos consumidores em relação a seus produtos, pois só assim sobreviverão num mercado cada vez mais competitivo. A análise sensorial tem se mostrado uma importante ferramenta nesse processo, com o uso de Testes Afetivos e Descritivos.

Na fase final do desenvolvimento de um produto é recomendável mensurar a sua aceitabilidade, mediante a aplicação de um teste afetivo domiciliar, para que seja avaliado sob condições reais de uso. Para tanto, são selecionados, para o teste, participantes que representem o público alvo (Meilgaard *et al.*, 1991).

Pesquisa realizada pelo Ministério da Integração Nacional em 2001, nas redes de supermercados brasileiras, indicam uma comercialização mensal de cerca de 1.178 toneladas de frutas e hortaliças minimamente processadas naquele ano, o

que correspondeu a aproximadamente 3,9 milhões de dólares. Mostraram, ainda, que 86% dos consumidores destes produtos são do sexo feminino; 44% têm escolaridade preponderante de segundo grau e superior, com renda familiar média de 2.112 reais por mês; 24% superior à renda dos que consomem os mesmos produtos sem processamento, e que se dedicam menos à atividade doméstica (Rojo & Saabor, 2002).

Outra pesquisa realizada na região sudeste relata que o consumo de minimamente processados ainda é incipiente, mas tende a crescer, sobretudo nos grandes centros e capitais, entre consumidores das classes A e B, entre os consumidores mais jovens – faixa etária de 18 a 34 anos – e entre aqueles que possuem maior nível de instrução (Rojo & Saabor, 2003).

O objetivo deste trabalho foi determinar a aceitabilidade de batatas minimamente processadas em teste domiciliar, bem como o perfil do consumidor potencial no Distrito Federal, levantando-se informações sobre hábitos de consumo de batatas e de produtos minimamente processados. Avaliou-se também a aceitabilidade do produto ao longo de 9 dias de armazenamento em teste sensorial laboratorial.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Material vegetal

Batatas (*Solanum tuberosum* L.) 'Ágata', da classificação "primeirinha", foram adquiridas na Central de Abastecimento do Distrito Federal S.A. (CEASA-DF) em Brasília, levadas ao Laboratório de Pós-Colheita da Embrapa Hortaliças, selecionadas, classificadas e lavadas em água potável.

Processamento mínimo

Os tubérculos foram descascados por abrasão em máquina processadora (modelo PCED, Siemsem Ltda.), por 180 segundos, em tambor revestido com lixa de 60 *mesh*, e, por 36 segundos, no segundo tambor revestido com lixa de 100 *mesh*. As batatas descascadas foram enxaguadas em água potável, sanitizadas em água com 150ppm de cloro ativo por 5 minutos, imersas em soluções antioxidantes por 3 minutos e centrifugadas, por 7 minutos, a 800 **g**.

Tratamento com antioxidantes, embalagem e armazenamento

A solução antioxidante usada foi 5% de ácido eritrórbico mais 3% de ácido cítrico. O material foi posteriormente embalado em *nylon* multicamadas em seladora industrial (Selovac 200B, São Paulo) em porções de 200 gramas, sob atmosfera modificada ativa, pela utilização da mistura 10%CO₂, 2%O₂, 88%N₂, e armazenado sob refrigeração a 5°C por 4 horas, sendo posteriormente submetido à análise sensorial domiciliar, ou armazenado sob mesma temperatura por 9 dias, para teste de aceitação laboratorial.

Avaliação sensorial laboratorial

As embalagens de 200g de batatas minimamente processadas foram avaliadas por 30 julgadores não treinados por meio de uma ficha para teste de aceitação com escala hedônica (1 – desgostei extremamente; 9 – gostei extremamente). As análises foram efetuadas nos tempos 0, 3, 6 e 9 dias após o processamento.

Avaliação sensorial domiciliar

O teste contou com a participação de 118 consumidores recrutados em três diferentes pontos geográficos do Distrito Federal, distribuídos entre funcionários, pesquisadores, estagiários da Embrapa Hortaliças (Gama – DF), alunos e professores da Universidade de Brasília (Plano Piloto – DF), e professores e funcionários das Faculdades da Terra de Brasília (Recanto das Emas – DF), que receberam embalagens de 200g de batatas minimamente processadas e ficha de avaliação com caracterização sócio-econômica, hábitos de consumo de batatas e de produtos minimamente processados, aceitabilidade referente às características do produto embalado e teste de aceitação com escala hedônica no produto cozido em domicílio. Os questionários foram posteriormente recolhidos num intervalo de 2 a 7 dias.

Quanto aos atributos de qualidade apresentados pelo produto embalado, analisou-se por meio da aplicação de questionário a cor das batatas, o aspecto de frescor, a praticidade da embalagem, a conveniência do produto, a adequação da porção oferecida e o preço máximo que o provador estaria disposto a pagar pelo produto apresentado.

Análise estatística

Na análise sensorial laboratorial investigou-se a existência de diferença significativa entre os tempos de armazenamento, mediante a aplicação de ANOVA com nível de significância de 5% e comparação de médias, utilizando-se o teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Aceitabilidade durante o armazenamento

Verificou-se que o produto foi bem aceito pelos provadores, dada a grande concentração de julgamentos na região de aceitação nos quatro tempos avaliados (Figura 1).

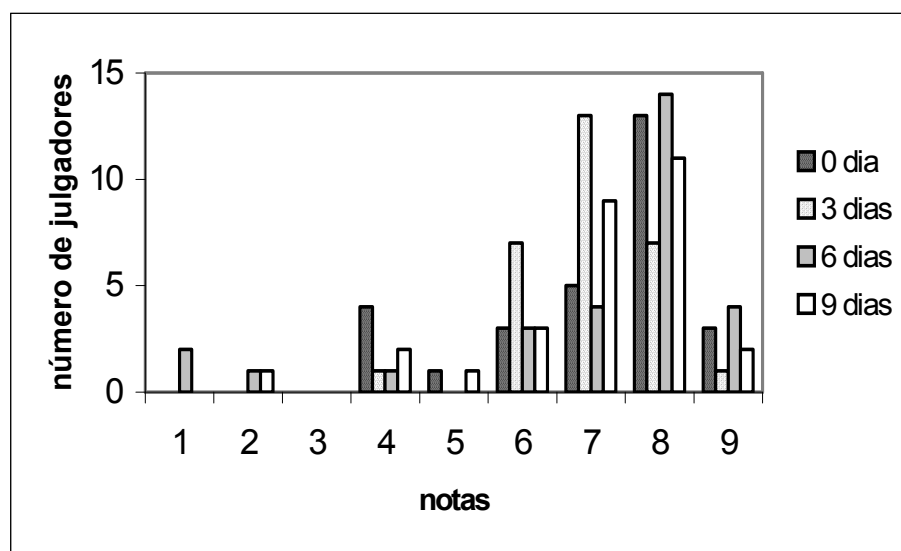


Figura 1: Distribuição de notas* atribuídas a batatas minimamente processadas embaladas durante nove dias de armazenamento. Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, 2004.

*1- desgostei extremamente; 9- gostei extremamente.

Verifica-se pela Análise de Variância que não houve diferença significativa, em nível de 5% de probabilidade, entre as médias das notas dos diferentes tempos de armazenamento avaliados (Tabela 1), o que sugere que o produto manteve suas características de qualidade durante os nove dias.

Tabela 1. Média das notas dos julgadores em teste de aceitação com escala hedônica de batatas minimamente processadas embaladas durante nove dias de armazenamento. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Médias de aceitação			
0 dia	3 dias	6 dias	9 dias
7,07 ^a	6,97 ^a	6,97 ^a	6,97 ^a

Os resultados obtidos neste trabalho sugerem que a vida de prateleira do produto, entendida sob o aspecto sensorial, pode ser estabelecida em pelo menos nove dias, o que atende as recomendações tecnológicas, uma vez que a literatura indica que os produtos minimamente processados devem apresentar vida de prateleira de, pelo menos, 4 a 7 dias (Lima, 2000). Todavia, a qualidade e segurança do produto poderá ser ampliada de acordo com a metodologia de processamento, uso de embalagens apropriadas e condições adequadas de armazenamento (Geraldine, 2004).

A vida de prateleira de um produto é determinada, principalmente, em função da manutenção das características microbiológicas, nutricionais e sensoriais do alimento. O processamento mínimo favorece a contaminação dos alimentos por microrganismos deterioradores e patogênicos em razão do manuseio e do aumento das injúrias dos tecidos, que podem diminuir a qualidade e o tempo de vida útil do produto por acelerar mudanças degradativas durante a senescência (Wiley, 1994). De acordo com Vanetti (2000), a manutenção da temperatura suficientemente baixa, durante todas as etapas pós-colheita, é difícil de ser alcançada e, portanto, precauções adicionais são necessárias para garantir a qualidade do produto e controlar o crescimento microbiano. Adicionalmente, a garantia da segurança microbiológica dos produtos submetidos ao processamento mínimo dependerá de um controle rigoroso dos processos de produção da matéria-prima, processamento e comercialização do produto final (Vanetti, 2004). Nesse contexto, a atmosfera modificada é considerada, após a refrigeração, o método mais efetivo para estender a vida útil e o frescor dos produtos minimamente processados (Pilon, 2003).

Pilon (2003) avaliou a vida de prateleira de cenoura, pimentão e salada mista (batata e vagem) minimamente processadas, quanto ao uso de técnicas de barreira, por meio de análises microbiológicas, físico-químicas, sensoriais e nutricionais. Quanto à aceitação dos produtos, as médias das notas para cenoura e salada mista foram satisfatórias durante 7, 14 e 21 dias de armazenamento para todos os tratamentos, enquanto o pimentão submetido ao ar atmosférico ficou comprometido sensorialmente aos 7 dias de armazenamento. Em relação às demais variáveis avaliadas, a vida de prateleira dos produtos pôde ser estabelecida em 21 dias sob refrigeração.

Em pesquisa com cenouras minimamente processadas, Abdul-Raouf *et al.* (1993) verificaram que a aparência geral do produto permaneceu inalterada por 14 dias, quando embaladas sob a atmosfera modificada e armazenadas a 5°C.

Apesar da avaliação de 9 dias deste estudo, ensaios posteriores permitiram constatar que as batatas minimamente processadas sob o método aplicado neste trabalho podem manter seus atributos sensoriais de qualidade por até 30 dias sob refrigeração (dados não publicados).

3.2 Análise Domiciliar

3.2.1. Perfil dos provadores quanto aos hábitos de consumo de batatas e de produtos minimamente processados

Participaram da pesquisa 118 julgadores, assim distribuídos: 70 mulheres e 48 homens, das classes A, B e C, na faixa etária entre 20 e 65 anos, deste universo, 65,2% possuíam instrução superior; 22,9% apresentavam nível médio de instrução; 7,6%, nível fundamental e 4,3%, nível básico. A Tabela 1 mostra a frequência de consumo de batatas e hortaliças minimamente processadas no universo pesquisado, bem como a forma de aquisição e preparo de tais produtos.

Observa-se que 92,2% dos provadores consomem batatas pelo menos uma vez por semana. 82,6% afirmaram adquirir o produto *in natura*, enquanto 9,5% adquirem batatas principalmente como produto “pronto para consumo”; 4,3%, como produto “pré-frito congelado” e 3,5% consomem batatas minimamente processadas.

A oferta de batatas minimamente processadas é ainda inexpressiva. A inadequação da tecnologia de processamento para as diversas espécies e variedades torna a vida útil desses produtos muito curta, acarretando problemas de distribuição e comercialização. Para solucionar tal problema, pesquisadores apontam a necessidade de se estudar a variedade de cada vegetal mais adequada para o processamento mínimo, a aplicação de embalagens com atmosferas modificadas e o uso de antioxidantes, analisando os efeitos fisiológicos e qualitativos causados por esse processo, principalmente aqueles relacionados ao aumento da taxa respiratória, da atividade enzimática e do crescimento da atividade microbiana, que reduzem a vida útil e modificam os atributos sensoriais e nutricionais importantes para o mercado consumidor (Moretti, 2004).

Tabela 2. Freqüência de consumo de batatas e hortaliças minimamente processadas, forma de aquisição e preparo.

<i>Freqüência de consumo de batatas</i>	Diário	1,7%
	4 a 5 vezes por semana	10,4%
	2 a 3 vezes por semana	53,0%
	1 vez por semana	27,1%
	Outra	7,8%
<i>Principal forma de aquisição de batatas</i>	<i>In natura</i>	82,6%
	Pré-frita congelada	4,3%
	Lavadas, descascadas e embaladas.	3,5%
	Consumo em lanchonetes e restaurantes	9,5%
<i>Principal forma de consumo de batatas</i>	Cozida	64,3%
	Frita	33,1%
	Assada	2,6%
<i>Consumo mensal de produtos minimamente processados</i>	Nenhum	20,3%
	1 a 2 vezes por mês	34,7%
	3 a 4 vezes por mês	28,0%
	5 ou mais vezes por mês	17,0%
<i>Produto minimamente processado adquirido pelo menos uma vez por mês.</i>	Hortaliças folhosas e inflorescências	61,0%
	Raízes, tubérculos e bulbos	58,5%
	Frutos	39,0%
	Saladas prontas	28,8%

Batatas minimamente processadas são extremamente populares na Europa e a maioria dos supermercados comercializa o produto diariamente. Os produtos incluem batatas inteiras e descascadas, fatiadas e na forma arredondada (Reno, 2003). Vários tipos de batatas minimamente processadas foram introduzidos nos Estados Unidos e no Canadá, a partir do início deste século, com resultados bastante favoráveis.

Os dados obtidos indicam que 64,3% dos provadores consomem batatas principalmente como produto cozido; 33%, como produto frito e 2,6 %, como produto assado. O grande consumo de batatas cozidas favorece a utilização das principais cultivares nacionais para o processamento mínimo, na forma de mini-batatas ou cubos para saladas e outras preparações culinárias/gastronômicas, tendo em vista que o baixo teor de matéria seca as torna impróprias para a fritura.

Quanto ao consumo de hortaliças minimamente processadas, foi observado que 79,7% utilizam este tipo de produto pelo menos uma vez por mês; 17% dos provadores declararam um consumo mensal superior a 5 vezes. Dentre as categorias de hortaliças minimamente processadas, verificou-se um maior consumo de folhosas e inflorescências (61,0%), seguido de raízes, tubérculos e bulbos (58,5%), frutos (39,0%) e saladas prontas (28,8%).

3.2.2 Aceitabilidade do produto embalado

Quanto aos atributos de qualidade apresentados pelo produto embalado, analisou-se por meio da aplicação de questionário a cor das batatas, o aspecto de frescor, a praticidade da embalagem, a conveniência do produto, a adequação da porção oferecida e o preço máximo que o provador estaria disposto a pagar pelo produto apresentado.

Sobre as características sensoriais apresentadas pelo produto embalado, indicadas na Figura 2, verificou-se que 47% dos provadores gostaram extremamente; 41,7%, moderadamente e 11,3% foram indiferentes às batatas minimamente processadas. Adicionalmente, 92,2% consideraram a embalagem prática; 84,4% consideraram o produto conveniente e 87% consideraram adequada a porção apresentada. Os provadores sugeriram, ainda, maior diversidade de tamanhos de porções para servir aos diferentes tamanhos de unidades familiares. Todavia, o dimensionamento das porções deve ser cuidadosamente calculado, uma vez que, com a aplicação da atmosfera modificada ativa para controle do escurecimento, todo o produto deverá ser imediatamente utilizado, logo que se abra a embalagem.

As batatas pareciam frescas para 93,9% dos provadores e pouco frescas para 6,1%. Grande parte dos provadores afirmou também que o produto aparentava higiene e qualidade. Esses aspectos são fundamentais, pois o produto minimamente processado, por definição, é um produto fresco (IFPA, 1999) e por não sofrer qualquer processo drástico de eliminação microbológica (Wiley, 1994), é necessário que seja produzido sob condições máximas de higiene. Para 92,2% dos consumidores as batatas apresentavam ausência de escurecimento e 6,1% consideraram-nas levemente escurecidas.

Gunes & Lee (1997) demonstraram que uma modificação ativa da atmosfera na embalagem era necessária para estender a vida de prateleira de batatas minimamente modificadas, porém, a atmosfera modificada por si só não era capaz de evitar o escurecimento. O tratamento por imersão com solução de agentes inibidores do escurecimento seria essencial em tais produtos. O tratamento utilizado nesta pesquisa associa a aplicação de dois antioxidantes à atmosfera modificada ativa; sua eficácia no controle do escurecimento enzimático está em conformidade com a afirmação dos autores.

Sobre o preço do produto, 72,2% dos provadores afirmaram que não pagariam mais de R\$1,50 pela embalagem de 200g, preço aquém da média de agregação de valor a hortaliças minimamente processadas (Rojo & Saabor, 2002). É sabido que a embalagem interfere na intenção de compra do consumidor (Dantas, 2001), contribuindo, inclusive, para sua disposição em pagar mais.

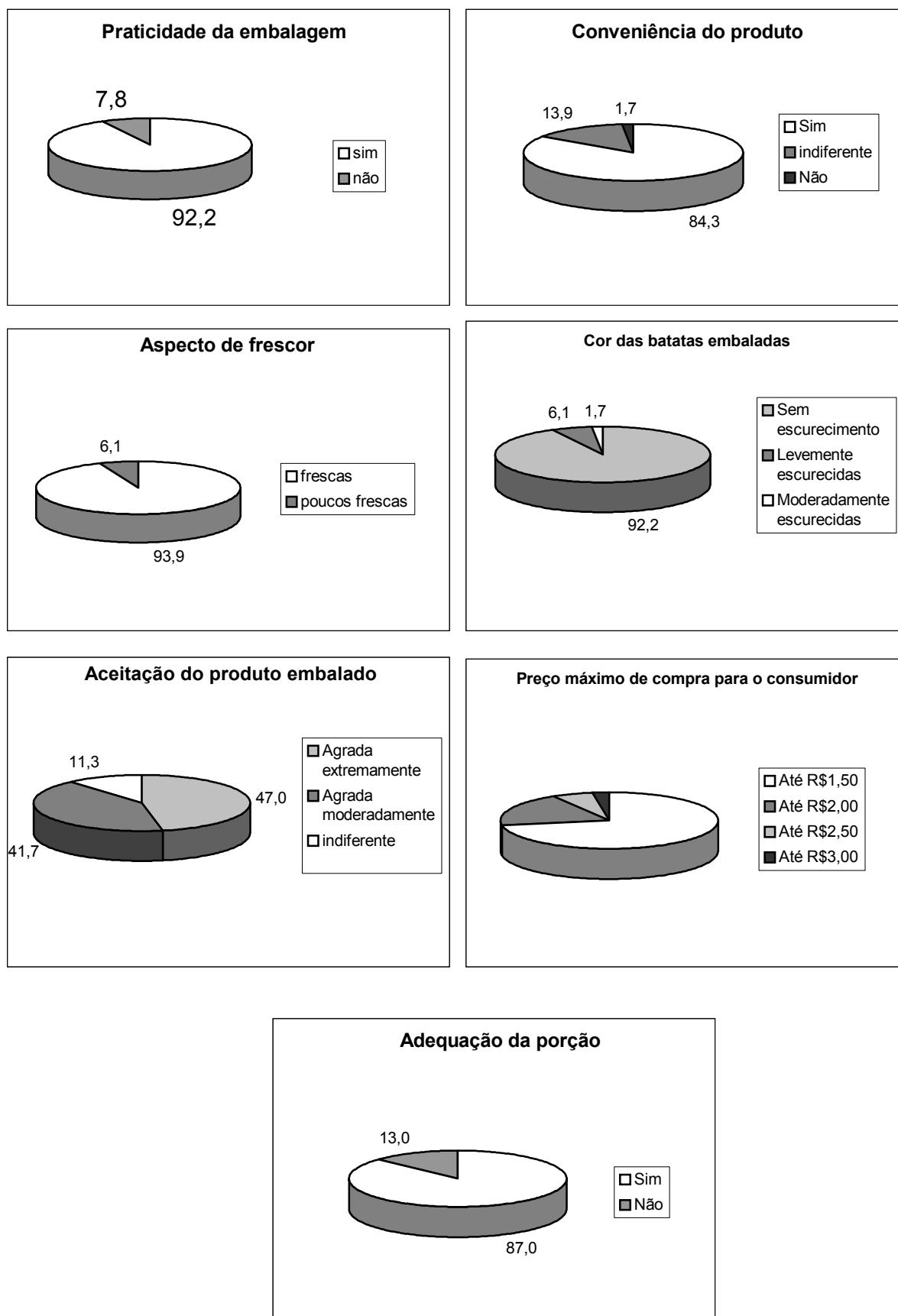


Figura 2: Avaliação sensorial de alguns atributos de qualidade de batatas minimamente processadas embaladas. Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, 2004.

3.2.3 Aceitabilidade após o cozimento, em domicílio

A Figura 3 apresenta a distribuição dos valores de escala para cor, sabor, textura, forma e qualidade global de batatas minimamente processadas após o cozimento. Pelos resultados obtidos é possível verificar que os atributos avaliados tiveram uma boa aceitação entre os julgadores, uma vez que houve grande porcentagem de notas correspondentes às classificações “gostei moderadamente” e “gostei extremamente”.

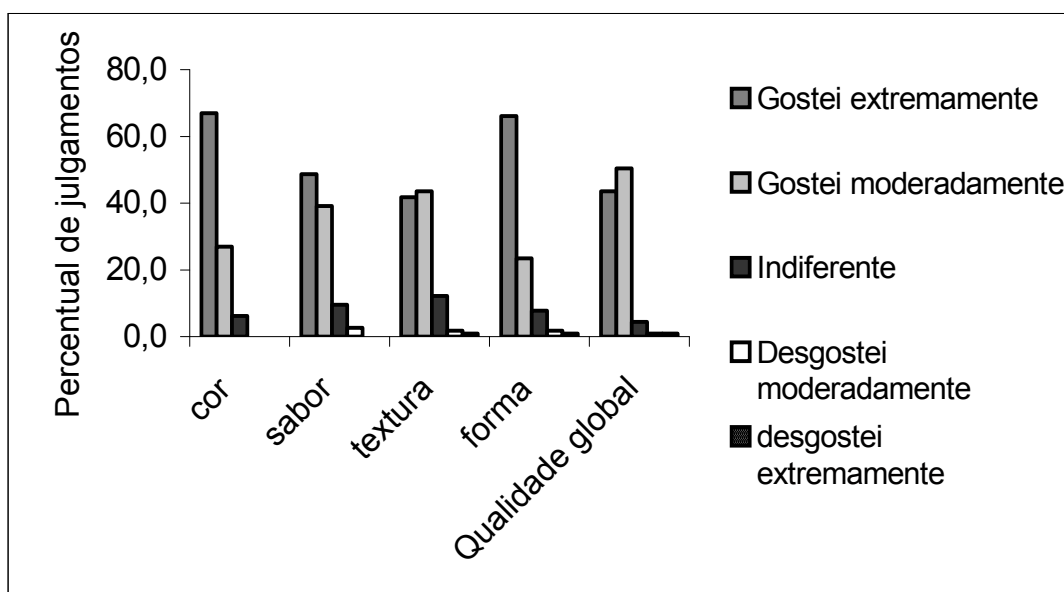


Figura 3. Distribuição dos valores de escala obtidos para cor, sabor, textura, forma e qualidade global de batatas minimamente processadas após o cozimento.

Entre os pontos positivos citados pelos consumidores destacam-se o formato redondo e a textura lisa das batatas, que contribuem para a estética de diferentes preparações culinárias/gastronômicas, além da facilidade e rapidez de uso e da inexistência de resíduos na cozinha. Contrariamente, consideraram que a falta de padronização no tamanho das batatas interferiu na uniformidade do cozimento.

4. CONCLUSÕES

Concluiu-se que as batatas minimamente processadas apresentaram aspecto adequado de frescor, bem como controle do escurecimento enzimático, ampliação da vida de prateleira, além da boa aceitação dos produtos cozidos. Quanto aos hábitos dos potenciais consumidores, foi observado que a batata faz parte da dieta semanal de 92,2% do universo pesquisado; a maioria ainda adquire o produto na forma *in natura*. Verificou-se ainda que 79,7% consomem hortaliças minimamente processadas pelo menos uma vez por mês. Entretanto, o custo do produto é um fator limitante a sua aquisição. Espera-se, com o aumento da oferta das batatas minimamente processadas, alicerçado por uma tecnologia adequada às cultivares nacionais e que garanta a qualidade e a vida útil do produto, uma expansão do consumo, principalmente porque o produto agrega praticidade e conveniência na elaboração de alimentos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDUL-RAOULF, U.M.; BEUCHAT, L.R.; AMMAR, M.S. Survival and growth of *Escherichia coli* O157:H7 on salad vegetables. *Applied and Environmental Microbiology*, v.59, n.7, p.1999-2006, 1993.

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

CANTWEL, M., Postharvest handling systems: minimally processed fruits and vegetables. In: KADER, A.A. (Ed). *Postharvest technology of horticultural crops*. 2ed University of California, Division of horticultural and natural resources, Davis, Publ, p. 273-281. 1992.

DANTAS, M.I.S. *Impacto da embalagem de couve (Brassica oleracea cv. acephala) minimamente processada na intenção de compra do consumidor*. Tese MS, Universidade Federal de Viçosa. Imprensa Universitária, 78p., 2001.

GERALDINE, R.M. Processamento Mínimo do Alho. In: *Encontro Nacional de Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças*, 3, Viçosa, 2004. Palestras, Viçosa: UFV, 2004. p.63-70.

GUNES, G.; LEE, C.Y. Colour of minimally processed potatoes as affected by modified atmosphere and anti-browning agents. *J. Food Science*, v. 62, p. 572-575, 1997.

IFPA. International Fresh Cut Produce Association. *Fresh cut produce handling guidelines*, 3 ed., Produce Marketing, 1999, 39p.

LIMA, L.C.O. Processamento Mínimo de Kiwi e Mamão. In: *Encontro Nacional de Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças*, 2, Viçosa, 2000. Palestras, Viçosa: UFV, 2000. p.95.

MEILGAARD, M; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. *Sensory evaluation techniques*. 2ed. CRC Press, Boca Raton, 1991, 354p.

MORETTI, C.L. Panorama do processamento mínimo de hortaliças. In: *Encontro Nacional de Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças*, 3, Viçosa, 2004. Palestras, Viçosa: UFV, 2004. 242p.

MORETTI, C.L.; ARAÚJO, A.L.; MATTOS, L.M. Evaluation of different oxygen, carbon dioxide and nitrogen combinations employed to extend shelf life of fresh-cut collard greens. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 21, p. 678-682, 2003.

PILON, L. *Estabelecimento de vida útil de hortaliças minimamente processadas sob atmosfera modificada e refrigeração*. Piracicaba, 2003, 128p. Dissertação (mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo (USP).

RENO, N. Potatoes cuts immigrate from Europe. *Fresh cut Magazine*. Columbia Publishing. Feb. 2000. Disponível em: www.freshcut.com . Acesso em 12/07/2003.

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

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

VANETTI, M.C.D. Segurança Microbiológica em Produtos Minimamente Processados. In: *Encontro Nacional de Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças*, 3, Viçosa, 2004. Palestras, Viçosa: UFV, 2004. p.30-32.

VANETTI, M.C.D. Controle Microbiológico e Higiene no Processamento Mínimo. In: *Encontro Nacional de Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças*, 2, Viçosa, 2000. Palestras, Viçosa: UFV, 2000. p.44-51.

WILEY, R.C. *Minimally processed refrigerated fruits and vegetables*. New York, Chapman & Hall, 368 p. 1994.

CONCLUSÕES FINAIS

Batatas minimamente processadas podem ser produzidas com controle de escurecimento e manutenção da qualidade por tempo suficiente para sua comercialização. A associação do tratamento com 3% de ácido eritrórbico e 5% de ácido cítrico ao uso da atmosfera modificada ativa com 10% CO₂ e 2% O₂ mostrou ser eficaz no controle do escurecimento e manutenção de outros atributos de qualidade de batatas minimamente processadas, tais como manutenção da firmeza e ausência de odores e sabores estranhos. É, portanto viável produzir batatas minimamente processadas pela utilização da cultivar 'Ágata', agregando valor à classificação "primeirinha", desvalorizada na forma *in natura*, de acordo com o fluxograma proposto na Figura 1.

As batatas minimamente processadas obtidas por este processamento foram consideradas práticas, convenientes e bem aceitas por seus consumidores potenciais.

Quanto ao aspecto nutricional, verificou-se que o processamento mínimo não provocou perdas de vitamina C nas batatas, e que pode ser considerada fonte deste nutriente.

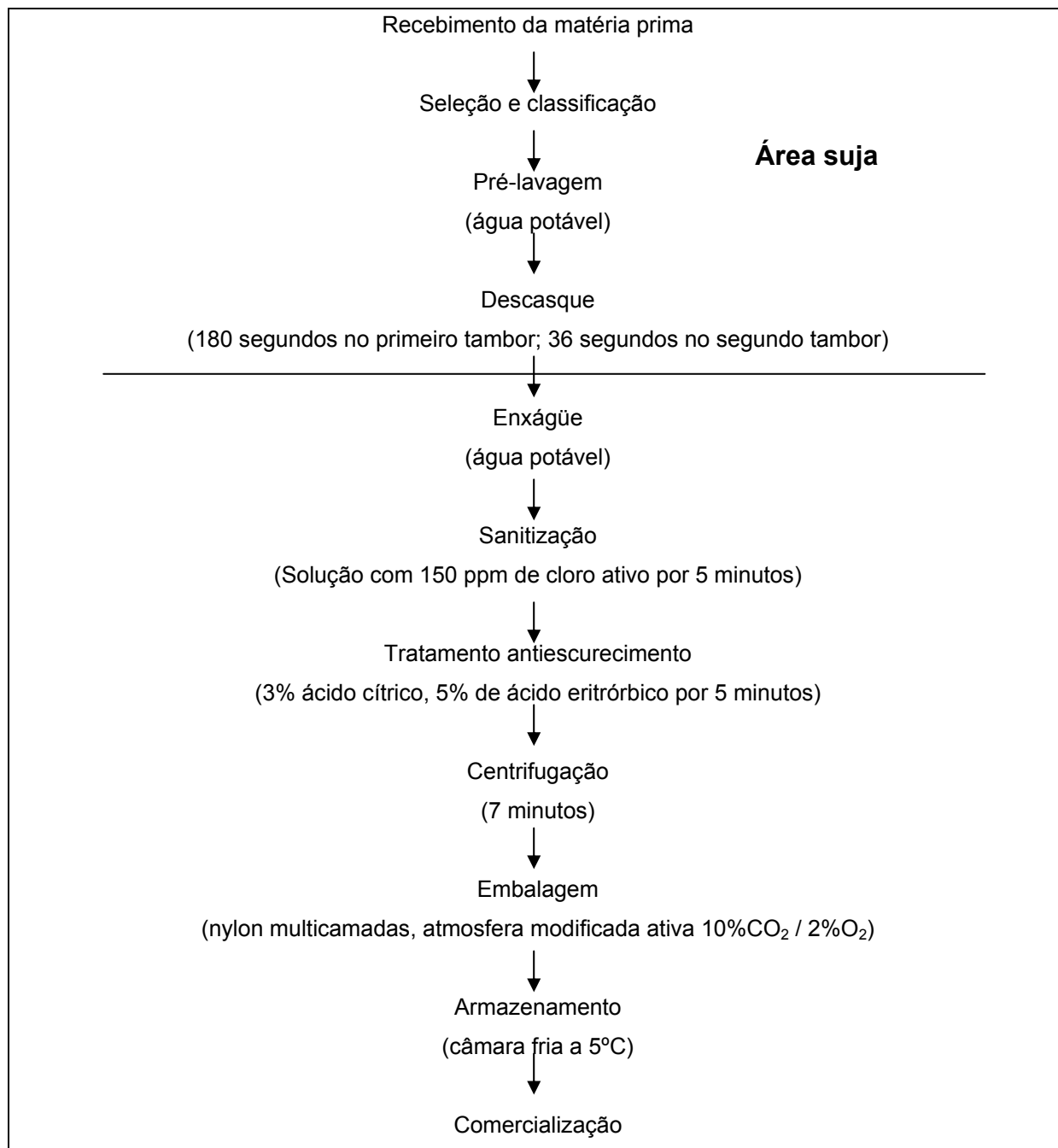


Figura 1: Fluxograma proposto para processamento mínimo de batatas.

ANEXO 1. QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO SENSORIAL DOMICILIAR:

AVALIAÇÃO SENSORIAL DE BATATAS MINIMAMENTE PROCESSADAS

Você está recebendo uma amostra de batatas minimamente processadas.

Chamamos de “*minimamente processadas*” as frutas e hortaliças que, após serem submetidas a processo de limpeza e lavagem, sofrem alteração de sua forma original, sendo picadas, fatiadas ou cortadas em pedaços, embaladas e vendidas resfriadas nas gôndolas dos supermercados.

Pedimos sua colaboração para avaliação do produto que você está recebendo. Para tanto, **siga as seguintes instruções:**

1. A avaliação sensorial deve ser feita até 2 dias após o recebimento da amostra.
2. Até o momento do cozimento do produto, conservar a embalagem em geladeira.
3. Depois de aberta a embalagem, cozinhar todo o produto (não deve ser guardado na geladeira cru com a embalagem aberta).
4. A avaliação será feita em duas etapas, no produto em sua embalagem e no produto depois de cozido (as instruções para cozimento estão no item 4).
5. Leia atentamente o questionário antes de iniciar a avaliação do produto.
6. Responder ao questionário individualmente, para que reflita as suas opiniões.
7. Não é necessário colocar seu nome.

2. Características gerais do produto:

2.a. O produto em sua embalagem lhe agrada?

- () Agrada extremamente.
() Agrada moderadamente.
() Não agrada nem desagrada.
() Desagrada moderadamente.
() Desagrada extremamente.

Comentários (opcional):

.....
.....
.....

2.b. A embalagem é prática?

- () Sim () Não.

Comentários (opcional):

.....
.....
.....

2.c. Considerando que se recomenda que o produto seja utilizado inteiramente depois de aberta a embalagem, a porção é adequada? (Em caso negativo, favor sugerir a porção de sua preferência).

- () Sim () Não.

Comentários (opcional):

2.d. O produto oferece praticidade e conveniência para seu consumo de batatas?

- Sim, é melhor do que adquiri-las *in natura*.
- Não faz diferença.
- Não, é pior do que adquiri-las *in natura*.

Comentários (opcional):

.....

.....

2.e. O que você acha do aspecto de frescor das batatas avaliadas?

- parecem frescas
- parecem pouco frescas.
- não parecem frescas.

2.f. O que você acha da cor das batatas?

- sem escurecimento.
- levemente escurecidas.
- moderadamente escurecidas.
- muito escurecidas.
- extremamente escurecidas.

2.g. Tendo em vista o desempenho deste produto, qual o preço máximo que você estaria disposto a pagar pela embalagem de 200 gramas?

- até 1,50 Real.
- até 2,00 Reais.
- até 2,50 Reais.
- até 3,00 Reais.
- até 3,50 Reais.
- até 4,00 Reais.

3. Consumo habitual geral de batatas e de hortaliças minimamente processadas:

3.a. Qual a sua frequência de consumo de batatas (incluindo todas as formas de consumo)?

- Diária
- 4 a 5 vezes por semana
- 2 a 3 vezes por semana
- 1 vez por semana
- Outra. Qual?.....

3.b. Ordene quanto à forma como você adquire batatas normalmente (1 = forma mais freqüente e 5 = forma menos freqüente):

- compro batatas *in natura*, nos supermercados
- compro batatas pré-fritas congeladas, nos supermercados.
- compro batatas lavadas, descascadas e embaladas, nos supermercados.
- consumo batatas fritas em restaurantes e lanchonetes.
- consumo batatas cozidas ou assadas em lanchonetes e restaurantes.

3.c. Ordene quanto à forma como você prepara e consome batatas em sua casa normalmente (1 = mais consumida e 3 = menos consumida).

- () cozidas.
 () fritas.
 () assadas.

3.d. Marque as hortaliças minimamente processadas* que você consome e a frequência deste consumo:

Produto minimamente processado	Frequência de consumo mensal			
	0 vez	1-2 vezes	3-4 vezes	5 ou mais vezes
Hortaliças folhosas e inflorescências (couve, alface, chicória, almeirão, rúcula, brócolis, couve-flor, etc.)				
Raízes, tubérculos e bulbos (alho, batata, mandioquinha-salsa, batata-doce, cenoura, etc)				
Frutos (moranga, chuchu, abobrinha, quiabo, etc)				
Saladas prontas				

* Definição no início da primeira página.

4. Avaliação sensorial:

Cozinhe as batatas minimamente processadas em água fervente por aproximadamente 20 minutos, deguste-as, temperando-as com pouco sal, e assinale com um **X** o quanto você gostou ou desgostou do produto quanto a:

Atributo	Gostei extremamente	Gostei moderadamente	Não gostei nem desgostei	Desgostei moderadamente	Desgostei extremamente
Cor					
Sabor					
Textura					
Forma					
Avaliação geral					

Muito obrigada por sua colaboração!

ANEXO 2: FICHA DE ACEITAÇÃO SENSORIAL COM ESCALA HEDÔNICA:

Nome:

Data:

Você está recebendo uma embalagem de 200 gramas de batatas minimamente processadas. Por favor, avalie visualmente esta embalagem e diga o quanto você gostou ou desgostou do produto, marcando na escala abaixo o termo que melhor reflita seu julgamento.

- () desgostei extremamente
- () desgostei muito
- () desgostei moderadamente
- () ligeiramente
- () não gostei nem desgostei
- () gostei ligeiramente
- () gostei moderadamente
- () gostei muito
- () gostei extremamente.

Comentários:

ANEXO 3- FICHA DE RECRUTAMENTO DE JULGADORES PARA ANÁLISE DESCRITIVA QUANTITATIVA DE BATATAS MINIMAMENTE PROCESSADAS:

Chamamos de “*minimamente processadas*” as frutas e hortaliças que, após serem submetidas a processo de limpeza e lavagem, sofrem alteração de sua forma original, sendo picadas, fatiadas ou cortadas em pedaços, embaladas e vendidas resfriadas nas gôndolas dos supermercados. A batata é a hortaliça de maior importância para o agronegócio brasileiro e estudar alternativas de agregação de valor para esta matéria-prima é fundamental para o progresso deste setor de nossa economia.

A análise sensorial é uma importante ferramenta para o desenvolvimento de tecnologias adequadas ao processamento de alimentos, pois nenhum instrumento é capaz de analisar seus atributos de qualidade com a perfeição dos sentidos humanos.

Por isso, o Laboratório de Análise Sensorial das Faculdades da Terra de Brasília convida você a participar da equipe de julgadores de batatas minimamente processadas, com tecnologia desenvolvida na Embrapa Hortaliças.

Por favor, preencha os campos abaixo com as informações necessárias:

1) Dados pessoais:

Nome:

Endereço:

Telefone (casa e trabalho):

Celular:

2) Disponibilidade para participar das reuniões:

Cite os dias e os horários da semana em que você não teria disponibilidade para participar das sessões de treinamento da equipe de análise sensorial.

3) Condições médicas:

Você apresenta alguma das desordens abaixo?

- () Desordens do sistema nervoso central
- () Mãos usualmente frias
- () Pele hipersensitiva
- () Calos nas mãos ou dedos
- () Daltonismo
- () Deficiências visuais severas

Você toma algum medicamento que afete algum de seus sentidos?

Cite um alimento que seja crocante:

Cite um alimento que seja suculento:

Cite um alimento que seja macio:

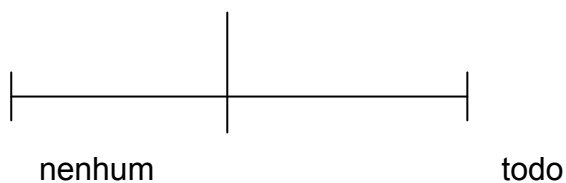
Cite um alimento que seja duro:

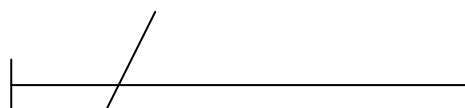
Cite um alimento que seja seco:

Cite um alimento que seja oleoso:

4. Exercícios de escala:

Instruções: marque na linha à direita a proporção da área que está sombreada, assim como nos exemplos abaixo:

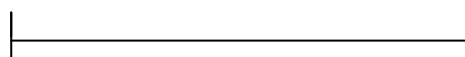




nenhum

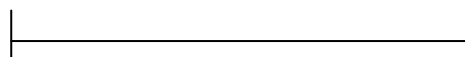
todo

Agora é a sua vez:



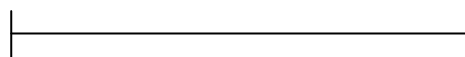
nenhum

todo



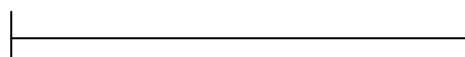
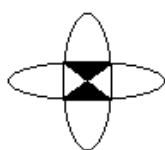
nenhum

todo



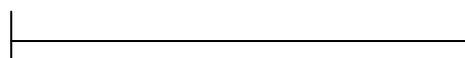
nenhum

todo



nenhum

todo



nenhum

todo

ANEXO 4- FICHA PARA APLICAÇÃO DO TESTE DE ORDENAÇÃO**ORDENAÇÃO**

Nome:

Data:

Você está recebendo quatro embalagens de batatas minimamente processadas. Por favor, avalie as amostras e ordene-as de acordo com a intensidade do escurecimento. A amostra mais escura deve ser colocada em primeiro lugar.

Código	Ordem
--------	-------

467

687

803

435

Comentários:

ANEXO 5: FICHA DEFINITIVA PARA ANÁLISE DESCRITIVA QUANTITATIVA (ADQ) DE BATATAS MINIMAMENTE PROCESSADAS.

ANÁLISE DESCRITIVA QUANTITATIVA

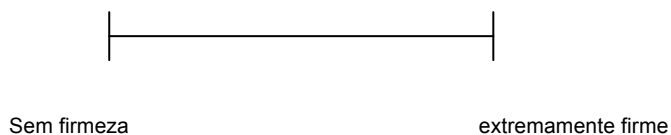
Você está recebendo uma embalagem codificada de batatas minimamente processadas. Por favor, avalie a amostra quanto ao escurecimento, à firmeza e à qualidade global do produto, utilizando as escalas de intensidade abaixo:

Código da amostra: _____

Escurecimento:



Firmeza:



Qualidade Global:

