

**QUALIDADE DE BATATAS PALITO
MINIMAMENTE PROCESSADAS**

GUSTAVO COSTA DE ALMEIDA

2005

GUSTAVO COSTA DE ALMEIDA

QUALIDADE DE BATATAS PALITO MINIMAMENTE PROCESSADAS

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do curso de Pós-graduação *Stricto Sensu* para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas

**LAVRAS
MINAS GERAIS-BRASIL
2005**

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Almeida, Gustavo Costa de
Qualidade de batatas palito minimamente processadas / Gustavo Costa
de Almeida. -- Lavras: UFLA, 2005.
119 p.: il.

Orientador: Eduardo Valério de Barros Vilas Boas.
Dissertação (Mestrado) - UFLA.
Bibliografia.

1. Antioxidante. 2. Escurecimento enzimático. 3. Processamento mínimo. 4.
Refrigeração. 5. *Solanum tuberosum* I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-664.80521

GUSTAVO COSTA DE ALMEIDA

QUALIDADE DE BATATAS PALITO MINIMAMENTE PROCESSADAS

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do curso de Pós-graduação *Stricto Senso* para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 20 de maio de 2005.

Prof. Celso Luiz Moretti - EMBRAPA

Prof. Joelma Pereira - UFLA

Prof. Ana Helena Romaniello Coelho - Pesquisadora



Prof. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

*Aos meus pais, Carlos e Ângela.
À minha namorada e companheira, Ana Cristina.
Aos meus irmãos e minha querida irmã.
Aos meus sobrinhos, Victoria e João Victor.
Dedico!*

AGRADECIMENTOS

A Deus, sempre presente e iluminando as minhas ações.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), ao Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA) e à Embrapa Hortaliças, pela oportunidade da realização do curso.

A CAPES e ao CNPq, pelo apoio financeiro por meio de bolsas de estudo.

Ao Prof. Eduardo Valério Barros Vilas Boas e ao Pesquisador Celso Luiz Moretti, pela orientação, convívio e amizade.

Ao Tio Paulo e ao Reily, por me hospedarem e ajudarem em Brasília durante montagem e execução do experimento.

Aos colegas do Laboratório de Pós-Colheita da Embrapa Hortaliças, pelo convívio e ajuda; Livia Pineli, João, Aline, Ana, Leonora e o Adonai.

Aos colegas do Curso de Ciência dos Alimentos em Lavras.

A CeasaMinas, em especial ao Departamento de Agroqualidade, pelo apoio no momento final do curso.

Aos colegas da república de Lavras, Dudu, Leandro, Fabiano, Marquinho, Douglas e Roberto, por me acolherem e ajudarem.

À Dona Glória e Conceição, por me apoiarem nessa caminhada.

Enfim, a todos que de certa forma me ajudaram a finalizar mais uma etapa.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	i
ABSTRACT	ii
CAPÍTULO 1	01
1 Introdução geral	02
2 Referencial teórico	04
2.1 Características da cultura	04
2.2 Composição química da batata	05
2.2.1 Carboidratos	06
2.2.2 Ácidos orgânicos	07
2.2.3 Substâncias antioxidantes e compostos fenólicos	07
2.3 Características intrínsecas e extrínsecas para batatas destinadas ao processamento	09
2.4 Produtos minimamente processados	11
2.4.1 Atual situação dos produtos minimamente processados no Brasil e no mundo	11
2.4.2 Etapas do processamento mínimo de frutas e hortaliças	14
2.4.2.1 Recepção da matéria-prima	14
2.4.2.2 Limpeza e lavagem da matéria-prima	14
2.4.2.3 Desinfecção da matéria-prima	14
2.4.2.4 Descascamento	15
2.4.2.5 Redução do tamanho	15
2.4.2.6 Desinfecção e preservação química	15
2.4.2.7 Centrifugação	16
2.4.3 Mudanças fisiológicas em produtos minimamente processados	16
2.4.4 Escurecimento enzimático	20
2.4.4.1 Enzimas envolvidos no escurecimento enzimático	21
2.4.4.2 Fatores que influenciam o escurecimento enzimático	23
2.4.4.3 Métodos para prevenção do escurecimento enzimático	25
3 Referências bibliográficas	29
CAPÍTULO 2: Avaliação do processamento mínimo de batatas 'Asterix' e 'Bintje', armazenadas a 5°C e 15°C	35
1 Resumo	36
2 Abstract	37
3 Introdução	38
4 Material e métodos	43
4.1 Matéria-prima	43
4.2 Processamento mínimo	43

4.3 Análises	43
4.3.1 Rendimento da batata após o processamento	43
4.3.2 Matéria seca	44
4.3.3 Firmeza	44
4.3.4 Valor L*	44
4.3.5 Taxa respiratória	44
4.3.6 Acidez titulável	45
4.3.7 Amido	45
4.3.8 Açúcares totais	46
4.3.9 Vitamina C	47
4.3.10 Polifenoloxidase e peroxidase	47
4.3.10.1 Atividade da polifenoloxidase ou PFO (unidade enzimática min ⁻¹ .g ⁻¹ de tecido)	47
4.3.10.2 Atividade da peroxidase ou POD (unidade enzimática min ⁻¹ .g ⁻¹ de tecido)	48
4.3.11 Análises visuais e de odor	48
4.3.12. Análises estatísticas	49
4.4 Delineamento experimental	49
5 Resultados e discussão	50
5.1 Características da batata	50
5.2 Taxa respiratória	50
5.3 Firmeza	52
5.4 Valor L*	54
5.5 Acidez titulável	56
5.6 Vitamina C	57
5.7 Açúcares totais e amido	62
5.8 Polifenoloxidase	66
5.9 Peroxidase	69
6 Conclusões	71
7 Referências bibliográficas	72
CAPÍTULO 3: Avaliação do escurecimento enzimático de batatas palito minimamente processadas, tratadas com antioxidantes.....	77
1 Resumo	78
2 Abstract	79
3 Introdução	80
4 Material e métodos	84
4.1 Matéria-prima	84
4.2 Processamento mínimo	84
4.3 Análises	84
4.3.1 Rendimento da batata após o processamento	84
4.3.2 Matéria seca	85
4.3.3 Firmeza	85

4.3.4 Valor L*	85
4.3.5 Acidez titulável	85
4.3.6 Amido	85
4.3.7 Açúcares totais	86
4.3.8 Vitamina C	87
4.3.9 Polifenoloxidase e peroxidase	87
4.3.9.1 Atividade da polifenoloxidase ou PFO (unidade enzimática .min ⁻¹ .g ⁻¹ de tecido)	87
4.3.9.2 Atividade da peroxidase ou POD (unidade enzimática .min ⁻¹ .g ⁻¹ de tecido)	88
4.3.10 Análises visuais e de odor	88
4.3.11 Análises estatísticas	89
4.4 Delineamento experimental	89
5 Resultados e discussão	90
5.1 Características da batata	90
5.2 Firmeza	90
5.3 Valor L*	92
5.4 Acidez titulável	93
5.5 Vitamina C	94
5.6 Amido	96
5.7 Açúcares totais	98
5.8 Polifenoloxidase	100
5.9 Peroxidase	101
6 Conclusões	103
7 Referências bibliográficas	104
ANEXOS.....	108

RESUMO

Almeida, Gustavo Costa de. **Qualidade de batatas palito minimamente processadas**. 2005. 119p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

Um dos grandes desafios no processamento mínimo da batata é a prevenção do escurecimento enzimático, que deprecia a qualidade do produto. Esse tipo de escurecimento ocorre devido à ação de enzimas, das quais a mais importante é a polifenoloxidase. O presente trabalho avaliou o comportamento fisiológico de diferentes cultivares de batata, Asterix e Bintje, minimamente processadas, na forma palito e intacta, armazenadas em diferentes temperaturas, 5°C e 15°C, avaliando-se a concentração de gás carbônico por 4 horas após o processamento e as variáveis firmeza, intensidade da cor, atividade da polifenoloxidase e peroxidase, açúcares totais, amido, vitamina C e acidez titulável no produto minimamente processado armazenado durante 9 dias. Por fim, foi analisada a eficiência de compostos antioxidantes, ácido cítrico a 2% e ácido eritórbico a 3%, na redução do escurecimento enzimático na cultivar Bintje minimamente processada na forma palito, armazenada durante 9 dias, a 5°C. Foram analisadas as variáveis citadas no experimento anterior, com exceção para a variável gás carbônico. O trabalho foi realizado no Laboratório de Pós-Colheita da EMBRAPA no Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças, CNPH, em Brasília, no ano de 2004. O processamento mínimo da batata aumentou sua taxa respiratória nas primeiras 4 horas após o processamento, com a 'Asterix' minimamente processada apresentando maior taxa sob as duas temperaturas de armazenamento. O armazenamento da batata minimamente processada a 5°C e 15°C se mostrou prejudicial para ambas as cultivares, devido à formação de pequenas pontuações escuras na batata palito. Para as duas cultivares armazenadas a 15°C, houve acúmulo de água no interior da embalagem com a emissão de odor fétido. A cultivar Bintje apresentou menor atividade da polifenoloxidase, maior intensidade de cor e maior teor de ácido ascórbico em relação a cultivar Asterix. O ácido cítrico a 2% e o ácido eritórbico a 3% foram eficientes no controle do escurecimento enzimático da batata palito. A enzima polifenoloxidase parece estar relacionada com o escurecimento enzimático em batatas minimamente processadas, pois a sua atividade foi significativamente reduzida. O ácido eritórbico a 3% parece ter induzido a síntese de ácido ascórbico durante o armazenamento.

* Comitê orientador: Eduardo Valério de Barros Vilas Boas - UFLA (Orientador); Celso Luiz Moretti - EMBRAPA (Co-orientador).

ABSTRACT

Almeida, Gustavo Costa de. **Quality of fresh-cut potatoes strips**. 2005. 119p. Dissertation (Master in Food Science) - Federal University of Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brazil.*

One of the biggest challenges in the minimal processing of potato is the prevention of potato is the enzymatic browning that depreciates the quality of the product. This type of browning happens due to the action of enzymes, and the most important is the polyphenoloxidase. This work had the purpose of evaluating the physiological behaviour of different cultivars of potatoes Asterix and Bintje, intact and minimally processed in shape of strips, stored at different temperatures, 5°C and 15°C, evaluating the concentration of carbon dioxide for 4 hours after the processing and the variables firmness, colour intensity, activity of peroxidase and polyphenol oxidase, titratable acidity, total sugars, starch and vitamin C in the product for 9 days. Besides, it was evaluated the efficiency of antibrowning agents, citric acid at 2% and erythorbic acid at 3%, in decreasing of the enzymatic browning of fresh-cut 'Bintje' potatoes in strips stored, for 9 days at 5°C. The variables mentioned in the previous experiment were also evaluated with the exception of the carbon dioxide. The work was carried out in Post-Harvest Laboratory of EMBRAPA in Research National Center of Vegetables, in Brasilia, Brazil, 2004. The minimal processing of the potato increased its respiration rate in the first four hours after the processing and the fresh-cut 'Asterix' showed higher respiration rate under both storage temperatures. The storage of fresh-cut potatoes at 5°C e 15°C wasn't appropriate, since some black spots appeared on the potatoes strips stored under both temperatures. In relation to the fresh-cut potatoes stored at 15°C there was accumulation of water inside of the packing and a disagreeable odor after the third day. The Bintje cultivar showed lower activity of polyphenoloxidase, higher colour intensity and content of vitamin C in comparison to 'Asterix'. The citric acid at 2% and the erythorbic acid at 3% were efficient in controlling the enzymatic browning of fresh-cut potato. The polyphenoloxidase enzyme seems to be related to the enzymatic browning in fresh-cut potatoes, since its activity was deeply reduced. The erythorbic acid at 3% seemed have induced the synthesis of ascorbic acid over the storage period.

* Guidance committee: Eduardo Valério de Barros Vilas Boas - UFLA (Adviser); Celso Luiz Moretti - EMBRAPA (Co-adviser).

CAPÍTULO 1

QUALIDADE DE BATATAS PALITO MINIMAMENTE PROCESSADAS

1 INTRODUÇÃO GERAL

Introduzidas no país há aproximadamente 20 anos, com o auxílio das lojas de “fast food”, observa-se que as frutas e hortaliças minimamente processadas têm ocupado cada vez mais espaço nas gôndolas dos supermercados. A procura por produtos frescos e convenientes, o maior número de pessoas morando sozinhas e a maior participação da mulher no mercado de trabalho são fatores que contribuem para o aumento na demanda por frutas e hortaliças minimamente processadas. Esse novo tipo de serviço traz conveniência, oferecendo economia de tempo para os consumidores. O mercado de produtos minimamente processados está em crescimento no Brasil, criando um novo segmento na agroindústria, capaz de gerar mais renda para o produtor.

A batata é uma hortaliça de grande consumo no mundo, rica em carboidratos e considerável fonte de fibras e minerais. O seu descascamento e fatiamento são práticas comuns antes do seu consumo, o que torna a batata um produto pouco conveniente para o consumidor. Devido às transformações dos hábitos alimentares pelos quais a sociedade vem passando nos últimos anos, esse tubérculo tem um grande potencial para se enquadrar no ramo de produtos minimamente processados, em função da sua grande demanda.

Frutas e hortaliças minimamente processadas requerem mais cuidados do que vegetais que não sofreram nenhum tipo de processamento, devido ao rompimento da estrutura celular que compõe o tecido vegetal. Para a batata minimamente processada não seria diferente, pois essa injúria causada pelo processamento modifica a composição química, física e bioquímica do produto.

O uso da baixa temperatura durante o processamento e a comercialização, bem como o controle da umidade relativa do ar, o uso de cultivares adequadas ao processamento, práticas de sanificação eficientes e

embalagens que mantenham a qualidade do produto são os fatores que mais podem contribuir na qualidade final do produto.

Com base no crescimento desse mercado de frutas e hortaliças minimamente processadas, o presente trabalho teve os seguintes objetivos:

- avaliar o comportamento fisiológico de duas cultivares de batata, Asterix e Bintje, minimamente processadas, na forma de palito e intacta, armazenadas sob diferentes temperaturas, 5°C e 15°C, medindo-se a concentração de gás carbônico 1, 2, 3 e 4 horas após o processamento;
- avaliar as características físico-químicas e bioquímicas das cultivares Asterix e Bintje de batata minimamente processada na forma de palito, armazenadas por 0, 3, 6 e 9 dias, sob diferentes temperaturas (5°C e 15°C);
- avaliar a eficiência de substâncias antioxidantes (ácido cítrico a 2% e ácido eritórbico a 3%) na prevenção do escurecimento enzimático em batatas palito ('Bintje') minimamente processadas, armazenadas sob uma mesma temperatura (5°C) e avaliadas em diferentes tempos (0, 3, 6, e 9 dias).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Características da cultura

A espécie *Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum*, cultivada mundialmente, teve como centro de origem a vizinhança do lago Titicaca, próximo à atual fronteira entre o Peru e a Bolívia. Essa cultura foi disseminada pela maioria das regiões tropicais e subtropicais do planeta, tornando-se a base da alimentação de muitos povos. Poucas são as culturas que vêm desempenhando papel tão importante como fonte de subsistência das populações, como a batatinha, batata ou batata inglesa. Nos países latino-americanos ocorre um elevado consumo de batata, a qual constitui também a base alimentar de europeus e norte-americanos. Atualmente, a batata é considerada a quarta fonte alimentar da humanidade, logo após o arroz, o trigo e o milho. No Brasil, é a hortaliça de maior importância comercial (Reis Júnior & Fontes, 1996).

A batateira é uma solanácea anual. Apresenta caules aéreos, herbáceos, e suas raízes originam-se na base desses caules ou hastes. As principais partes de uma batateira são: batata mãe, tubérculos jovens, raízes, estólons, hastes principais, folhas, folíolos e flores.

O tubérculo da batata é considerado um caule modificado, que possui folhas, gemas, internódios e caule radialmente expandido. A parte distal do tubérculo é chamada região da gema apical e a parte proximal é denominada ponto de ligação do estolão ou hilo. O processo de tuberização é influenciado pela luz, pela temperatura e pela nutrição da planta. Contudo, fatores endógenos, como fitormônios, parecem determinar o início da formação dos tubérculos (Filgueira, 2000).

A produção de batata no Brasil em 2003 foi de 2.897.742 toneladas. A área colhida foi de 146.963 ha (AGRIANUAL, 2004).

2.2 Composição química da batata

Os tubérculos de batata são compostos por, aproximadamente, 76% de água, 20% de carboidratos, 2% de proteínas e uma quantidade irrisória de lipídeos (Orr & Cash, 1991). Na Tabela 1 é mostrada a composição química aproximada da batata.

TABELA 1 Composição química aproximada da batata.

Componentes	Média (%)	Variação (%)
Umidade	77,5	63,2 - 86,9
Sólidos totais	22,5	13,1 - 36,8
Carboidratos totais	19,4	13,3 - 30,5
Proteínas	2,0	0,7 - 4,6
Cinzas	1,0	0,44 - 1,9
Fibras	0,6	0,17 - 3,48
Lipídeos	0,1	0,02 - 1,0

Fonte: Smith (1977).

Na Tabela 2 é demonstrada a composição química da batata-inglesa sob diferentes estados de preparo para alimentação.

TABELA 2 Composição química da batata-inglesa sob diferentes estados de preparo.

Composição química	Substância alimentar (100g)		
	Crua	Cozida	Frita
Calorias	78,50	85,30	274,00
Glicídeos (g)	17,60	19,10	36,00
Proteínas	1,80	2,00	4,30
Lipídeos (g)	0,10	0,10	13,20
Cálcio (mg)	9,00	1,00	15,00
Fósforo (mg)	69,00	56,00	89,00
Ferro (mg)	1,00	0,70	0,80
Ácido ascórbico (mg)	17,40	13,10	10,00

Fonte: Franco (1999).

2.2.1 Carboidratos

Nos tubérculos de batatas formados, o amido é a principal fonte de reserva, sendo 60% - 80% da matéria seca. O amido é composto de amilopectina (75% - 79%) e amilose (21% - 25%). A deposição dos grânulos de amido nos amiloplastos decorre da transformação de sacarose, glicose e maltose em amilose e amilopectina. Diversas enzimas participam da síntese do amido, contudo, o precursor comum é a glicose-1-fosfato (G-1-P). Diversos estudos têm mostrado que a rota predominante de síntese *in vivo* dá-se por meio da ADP-glicose pirofosforilase. A enzima amidofosforilase parece estar ligada à degradação do amido (Fontes & Finger, 1997).

De acordo com Borgstrom (1976), os teores de amido encontrados na matéria fresca dos tubérculos de batata abrangem uma faixa de 9% a 18%, com médias entre 12% e 13%. Porém, há variação no teor de matéria seca entre tubérculos de uma mesma planta (Heemst, 1986). Essa variação ocorre porque nem todos os tubérculos iniciam seu desenvolvimento concomitantemente,

devido a aspectos genéticos e também a diferenças no crescimento das hastes principais às quais os tubérculos estão ligados.

Os principais açúcares presentes na batata são os açúcares redutores, glicose e frutose, e os açúcares não redutores, sacarose. A quantidade de açúcares totais, assim como os outros compostos presentes no tubérculo, pode variar entre diferentes cultivares, apresentando valores de 0,14g/100g até 0,71g/100g de peso fresco. Coelho (1998) sugere que os principais representantes dos açúcares totais são os açúcares redutores e que ainda não foi esclarecido o papel dos açúcares não redutores no escurecimento não enzimático da batata. Em tubérculos que sofreram algum tipo de injúria, ocorre um aumento na síntese de amido com a diminuição na quantidade de açúcares solúveis (Smith, 1977). Para Vendrusculo (1998), o limite estabelecido na literatura para o teor de açúcares redutores é quase consensual, sendo o de tubérculos para fritura em torno de 0,2% a 0,3% da matéria fresca, inclusive para o desenvolvimento de cor, pois valores inferiores deixarão o produto mais branco.

2.2.2 Ácidos orgânicos

Vários ácidos orgânicos são encontrados em batatas. Dentre os mais estudados estão o ácido málico e ácido cítrico, os quais se apresentam em maiores quantidades. Segundo Smith (1977), a acidez titulável para batata varia entre 0,84% - 1,15%, calculado como ácido cítrico. A concentração de ácido cítrico aumenta durante o processo de maturação da batata, enquanto a do ácido málico declina proporcionalmente.

2.2.3 Sustâncias antioxidantes e compostos fenólicos

Substâncias antioxidantes são encontradas em várias frutas e hortaliças e incluem ácido ascórbico, beta-caroteno, ácido clorogênico e outros flavonóides. A batata é uma boa fonte de substâncias antioxidantes, como o ácido ascórbico e

o α -tocoferol (vitamina E) e fornece de 12mg a 23mg de vitamina C, principal vitamina no tubérculo, por 100g de batata (Rodrigues-Saona & Wrolstad, 1997).

A batata contém quercetina, um flavonóide com atividade antioxidante, assim como o ácido clorogênico. É rica em compostos fenólicos, os quais podem atingir níveis de $530\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ até $1770\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (AL-Saikhan et al., 1995; Vitti & Costa, 2003).

A vitamina C, incluindo ácido ascórbico e ácido deidroascórbico, é um dos mais importantes fatores de qualidade nutricional em várias frutas e hortaliças. O teor de vitamina C em frutas e hortaliças pode ser influenciado por vários fatores, como diferenças genótípicas, fatores pré-colheita, tais como condições climáticas e práticas culturais, maturidade, métodos de colheita e procedimentos de manuseio na pós-colheita. O controle da temperatura após a colheita é um dos mais importantes fatores para manter o teor de vitamina C em frutas e hortaliças, pois as perdas são aceleradas em altas temperaturas e longos períodos de armazenamento. A retenção de vitamina C é reduzida quando ocorrem danos mecânicos (Lee & Kader, 2000).

A vitamina de maior importância em batatas é a vitamina C. Crescimento e condições de armazenamento, bem como métodos de preparo culinário, afetam o conteúdo desta vitamina no tubérculo. As 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 conteúdo de vitamina C é maior em variedades de batatas com intensa cor amarela. As partes mais externas do tubérculo contêm maior concentração de vitamina C em relação às partes mais centrais (Smith, 1977).

Ao contrário da maioria das frutas e hortaliças, batatas minimamente processadas são capazes de manter 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 (Asselbergs &

Francis, 1952; Mondy & Leja, 1986; Tudela et al., 2002). Esse aumento pode estar relacionado com a maior atividade da enzima L-galactono- γ -lactona deidrogenase (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), fazendo frente ao estresse provocado pelo processamento mínimo (Fukuda et al., 1995; 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 do ascorbato (Noctor & Foyer, 1998). Todavia, a degradação do ácido ascórbico para fazer frente ao estresse oxidativo provocado pelo processamento mínimo pode acarretar reduções nos teores da vitamina C, apesar da ocorrência da síntese.

Segundo Matheis (1987), o ácido ascórbico é, provavelmente, o maior inibidor de ocorrência natural do escurecimento enzimático em batatas. O ácido ascórbico reduz a habilidade da enzima polifenoloxidase oxidar o catecol (Smith, 1977). Ele reduz os produtos da oxidação inicial, as ortoquinonas, para ortodifenóis, até que ele seja quantitativamente oxidado para ácido deidroascórbico. Devido a esse efeito, o ácido ascórbico tem sido reportado por inibir diretamente a ação da polifenoloxidase da batata. A relação entre a concentração de ácido ascórbico e a taxa de escurecimento tem sido ocasionalmente estudada.

2.3 Características intrínsecas e extrínsecas para batatas destinadas ao processamento

Para batatas destinadas ao processamento na forma de fritura, as principais características gerais são o teor adequado de matéria seca (batata palito, em torno de 19%) e um baixo teor de açúcares redutores. O tamanho, o formato e a profundidade dos olhos devem ser adequados para cada finalidade

de processamento: batata chips, palha ou palito. Deve-se considerar que os tubérculos destinados ao processamento não podem apresentar podridões, defeitos internos, como mancha chocolate ou coração-oco, e defeitos externos, como crescimento secundário e embonecamento.

A preferência do consumidor brasileiro diz respeito a tubérculos que apresentam película e polpa amarelas. O tubérculo deve apresentar película lisa e gemas superficiais e ser alongado, de formato uniforme e tamanho médio. Em resumo, a batata mais valorizada comercialmente é aquela que apresenta as características da cultivar holandesa Bintje. Há outras cultivares européias atualmente utilizadas, como Achat, Agria, Baraka, Concorde, Elvira, Jätte-Bintje, Marijke, Monalisa e Mondial (Filgueira, 2000).

A cultivar Bintje apresenta plantas de porte médio a alto, formando três a quatro hastes por tubérculo e ciclo precoce a médio. Os tubérculos são alongados, de película amarela e brilhante, polpa amarelo-clara e olhos superficiais. Pelo formato dos tubérculos, a cultivar é indicada para a produção de palitos fritos e batata palha (Melo, 1999).

A batata 'Asterix', também chamada de rosa ou roxa, que antigamente era apenas consumida nos estados do Sul do país, ganhou destaque devido, principalmente, à sua excelente condição de fritura (Zeiro & Osakii, 2002). Os tubérculos dessa cultivar são ovais ou, dependendo das condições climáticas, alongados, com película vermelha predominantemente áspera, polpa amarelo-clara e olhos superficiais. Essa cultivar vem sendo bastante utilizada na fabricação de "french fries" (batatas fritas), em função do seu formato oval-alongado permitir um ótimo aproveitamento no corte em palitos. É indicada também para a produção de batata palha e palito (Melo, 1999). Essas duas cultivares, Asterix e Bintje, são aptas para produzirem tubérculos com alto teor de matéria seca e baixo teor de açúcares redutores.

A falta de cultivares adequadas no Brasil para o processamento mínimo faz com que as agroindústrias utilizem cultivares que se adaptem melhor ao processamento. É fundamental que essas cultivares apresentem bom rendimento e boa aceitação pelo consumidor.

2.4 Produtos minimamente processados

Produtos minimamente processados são definidos como qualquer fruta ou hortaliça ou qualquer combinação delas, que foi alterada fisicamente a partir de sua forma original, embora mantenha o seu estado fresco. Independente do produto, ela é selecionada, lavada, descascada e cortada em um produto 100% aproveitável, que posteriormente é embalado ou pré-embalado com o intuito de oferecer aos consumidores frescor, conveniência e qualidade nutricional (IFPA, 2002).

2.4.1 Atual situação dos produtos minimamente processados no Brasil e no mundo

A demanda por produtos minimamente processados tem crescido rapidamente durante estes últimos anos. Empresas no ramo de alimentos têm se esforçado para preparar, manusear e entregar um produto saudável, fresco e conveniente para o consumidor (Cantwell, 2000).

Essa nova opção pelo conveniente está gerando bilhões de dólares em todo o mundo. Em 1984, quando o processamento mínimo de alimentos surgiu nos Estados Unidos, representava 8,9% de todo o produto hortícola colhido e gerou US\$ 5,2 bilhões. A geração de US\$ 17,7 bi, prevista para 1999, foi alcançada em 1996. O crescimento de vendas de 1997 para 1998 foi de 30%. A aceitação do público foi tão grande que, nos hipermercados, o setor representa 8% das vendas e, nos supermercados, 9% (Vitti & Kluge, 2002). De acordo com dados estatísticos, projeta-se que, para os próximos 10 anos, o volume de frutas

e hortaliças minimamente processadas atinja 20% do total de comercialização de frutas e hortaliças frescas.

Na Europa, o problema do preparo de produtos minimamente processados para diferentes países com diferenças culturais tem sido resolvido e a indústria está crescendo rapidamente. França e Reino Unido foram os primeiros na comercialização, vendendo os produtos com marcas próprias. A indústria é relativamente fraca na Alemanha e Itália. O sucesso dos produtos minimamente processados nesses países vai depender da continuidade do “marketing” e da qualidade dos produtos (Watada et al., 1996).

No Brasil, em 1998, este mercado movimentou R\$ 450 milhões. Na grande São Paulo, de 1996 a 1999, foi verificado um aumento no varejo de 200% na oferta de produtos minimamente processados. Supermercados, em São Paulo, vendem em torno de 4 milhões de dólares de produtos minimamente processados mensalmente, correspondendo às frutas em 54% e às hortaliças 46% (Ministério da Integração Nacional, 1999).

Em Brasília, no período de 1999, foram comercializadas cerca de 80 toneladas de hortaliças minimamente processadas (Vitti & Kluge, 2002). No Distrito Federal, alguns produtores chegavam a perder até 1.000 maços de couve por semana antes de optarem pelo processamento mínimo, aumentando consideravelmente sua renda. Outro exemplo é o caso da batata que sofreu a opção pelo processamento mínimo de sua matéria-prima, sendo o produto entregue a hotéis, restaurantes e serviços de “catering” aéreo (Moretti, 1999).

Os produtos encontrados no mercado atualmente são comercializados em supermercados e sacolões para uso doméstico e, diretamente por agroindústrias, para uso em restaurantes. Os mais encontrados são: cenoura lavada e ralada, couve picada, pimentão lavado e cortado, alho descascado, abóbora sem casca, sem sementes e picada, feijão-de-corda debulhado, feijão-vagem lavado e cortado (Luengo & Lana, 1997).

A batata palito minimamente processada detém os atributos da conveniência, além da qualidade das batatas frescas. O propósito do seu fornecimento é o de disponibilizar um produto que não requeira nenhuma preparação posterior por parte do consumidor no que se refere à seleção, limpeza, lavagem, descascamento e corte. Outra vantagem é a redução praticamente total do desperdício.

Pesquisa feita pela Associação Brasileira da Batata, em 2002, com 302 consumidores, revelou que 82% preferem batatas frescas, que incluem batata minimamente processada e batata pré-frita congelada (Berbari et al., 2002). A batata palito minimamente processada apresenta várias vantagens sobre a pré-frita congelada, visto ser um produto fresco, o que atende aos anseios do consumidor, possui custo de produção menor e não necessita de temperaturas de armazenamento tão baixas quanto para as pré-fritas congeladas (-18°C).

O Brasil é um grande importador de batata pré-frita congelada, um mercado que cresce 5% ao ano (Takano, 2001). As batatas pré-fritas congeladas consumidas no Brasil são, em grande parte, importadas dos Estados Unidos, Holanda, Canadá, França e Argentina, em embalagens de 500g e 1kg, para atender ao consumo doméstico e 5kg, para o mercado institucional. Os Estados Unidos caracterizam-se como o maior produtor, consumidor e importador de batata frita congelada (Agrianual, 2004).

É importante ressaltar que o consumo da batata minimamente processada ainda é inexpressivo, mas a tendência é de expansão nesse segmento da agroindústria. Um aumento na produção de batatas palito minimamente processadas pode levar a uma redução na importação de batata pré-frita congelada, favorecendo o aumento do superávit da balança comercial brasileira.

2.4.2 Etapas do processamento mínimo de frutas e hortaliças

2.4.2.1 Recepção da matéria-prima

Assim que o produto chega à unidade de processamento, deve ser colocado numa câmara refrigerada para retirar o calor de campo ou para manter sua baixa temperatura, caso tenha sido transportado em caminhão refrigerado. A seleção da matéria-prima por peso e tamanho dá uniformidade e padronização ao produto final. O produto deverá apresentar uma coloração característica, maturação adequada, ausência de danos e doenças, e o sabor e aroma característicos da cultura.

2.4.2.2 Limpeza e lavagem da matéria-prima

A higienização corresponde à etapa de eliminação de agentes causadores de doenças por meio de procedimentos adequados de limpeza. Após a limpeza, alguns produtos vegetais, notadamente aqueles que ficam em contato direto com o solo, necessitam de uma lavagem com solução de detergente para uma boa remoção dos microrganismos e sujidades aderidos à superfície dos mesmos.

2.4.2.3 Desinfecção da matéria-prima

Na desinfecção da matéria-prima, utilizam-se agentes com atividade antimicrobiana. A legislação não menciona outros princípios ativos a não ser clorados, ou seja, os liberadores de cloro ativo, como hipoclorito de sódio e dicloroisocianurato. A desinfecção é realizada em cuba ou tanque com água clorada com 100 a 200ppm de cloro ativo (ideal de 120 a 150ppm) pelo tempo de 10 a 15 minutos.

2.4.2.4 Descascamento

O descascamento pode ser realizado de várias maneiras, de acordo com o tipo de produto, manual ou mecanicamente. Pode requerer o uso de tratamentos químico e térmico.

2.4.2.5 Redução do tamanho

A redução do tamanho é realizada por diferentes meios, pelos quais os frutos e hortaliças são transformados em peças menores, com forma definida e tamanho uniforme. As facas devem ser extremamente afiadas e finas, para a obtenção de corte satisfatório, com o mínimo de dano ao produto. Após o corte, os produtos podem ou não ser lavados com água clorada para a retirada dos exsudatos celulares e imersos ou pulverizados com soluções de aditivos químicos.

2.4.2.6 Desinfecção e preservação química

A desinfecção do produto após o corte deve ser realizada com água clorada, observando-se a concentração de cloro recomendada. A concentração de cloro na água depende do tipo de produto. Após a lavagem com solução clorada forte, é preciso fazer o enxágüe dos produtos, utilizando para isso, água tratada com concentração de 2 a 5mg de cloro ativo/litro.

A lavagem de frutos e hortaliças para o processamento mínimo geralmente é realizada em câmara isolada, com número restrito de entradas, para evitar o contato humano com o produto.

Os produtos minimamente processados podem ser submetidos a alguns tratamentos para melhorar a sua estabilidade durante o armazenamento e a distribuição. Os aditivos químicos são incorporados para retardar o crescimento superficial de leveduras, mofos e bactérias, bem como para manter as características de qualidade (cor, sabor, aroma e textura). Os antioxidantes

evitam o escurecimento enzimático, a perda do sabor e do aroma, o amaciamento dos tecidos e a perda da qualidade nutricional. Como exemplo, citam-se os ácidos cítrico, ascórbico, isoascórbico, eritórbico e EDTA (ácido etileno-diamino-tetracético).

2.4.2.7 Centrifugação

A remoção da água de lavagem e do excesso de água (exsudato) é crítica, visto que sua presença estimula o crescimento microbiano. É realizada em equipamentos próprios (centrífugas) que operam em alta rotação.

Todas as etapas do processamento mínimo descritas nesse item, 2.4.2, foram elaboradas por Chitarra (1998).

2.4.3 Mudanças fisiológicas em produtos minimamente processados

A qualidade das frutas e hortaliças precisa ser excelente, a fim de se manter uma qualidade adequada para produtos minimamente processados. É importante, também a regulação da temperatura, da umidade relativa e a sanitização do produto minimamente processado.

Batatas minimamente processadas não são consumidas no estado fresco, mas são produtos perecíveis que necessitam ser preservados do escurecimento enzimático, da perda de água e do crescimento microbiano. Como estes produtos continuam metabolicamente ativos, o processamento mínimo aumenta sua perecibilidade por causa do rompimento celular, do aumento da respiração, da elevação da produção de etileno e da síntese de metabólicos secundários. Essas reações resultam em encurtamento da vida de prateleira devido a mudanças na cor, textura e “flavor”, bem como em um aumento da população microbiana na superfície cortada.

A partir do momento em que o produto minimamente processado perde uma larga área superficial sem nenhuma casca, ele tem um alto potencial para

perda de peso, principalmente sob altas temperaturas, em que o déficit de pressão de vapor é alto (Watada et al., 1996).

Em produtos vegetais intactos, a água nos espaços intercelulares não está diretamente exposta à atmosfera. Porém, quando se realiza o processamento, a fruta ou a hortaliça processada expõe o tecido e aumenta rapidamente a taxa de evaporação de água (Brecht, 1995) A aceleração da perda de água resulta em murchamento, perda da qualidade visual e alteração da textura.

A respiração é um fenômeno necessário para a manutenção da vida dos tecidos vegetais, como também um mecanismo de degradação de suas reservas energéticas e nutritivas. O processo respiratório consiste na quebra de substâncias mais complexas, por meio do processo de oxidação, para a extração de energia e para a síntese de novas substâncias. As substâncias que são utilizadas na respiração são produzidas pela própria planta durante a fase pré-colheita (Honório & Moretti, 2002).

Segundo Kader (2002), a perda de reserva nos vegetais durante a respiração significa o aparecimento do processo de senescência do produto, quando as reservas para manter a fruta ou hortaliça viva estão sendo exauridas, reduzindo o valor energético do produto, provocando perda de sabor e aroma, especialmente doçura, e perda de matéria seca. Os principais substratos utilizados na respiração dos tubérculos de batata são os carboidratos provenientes da hidrólise dos grânulos de amido armazenados nos amiloplastos.

A taxa respiratória dos tecidos e órgãos vegetais é mais comumente expressa em mg ou mL de $\text{CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$. A taxa respiratória de tubérculos de batata, em estado de dormência, é considerada baixa quando comparada com aquelas observadas em outras hortaliças.

A taxa respiratória pode ser usada como índice para se determinar a qualidade dos tubérculos de batata após sua colheita. A respiração apresenta-se mais alta logo após a colheita dos tubérculos, especialmente naqueles imaturos,

isto é, cerca de três vezes superior à de tubérculos colhidos após a senescência das plantas. Tubérculos armazenados a 20°C apresentam taxas respiratórias 50% superiores às observadas a 10°C (Fontes & Finger, 1997).

Nesse processo energético, cerca de 40% da energia gerada pela quebra da cadeia de carbono é utilizada pelo tecido vegetal para manter a vida das células. Os outros 60% da energia gerada são perdidos na forma de calor vital. Portanto, frutas e hortaliças geram calor e, se colocadas em ambiente fechado, tendem a aumentar a temperatura do ambiente. O calor gerado pela batata à temperatura de 0°C é de 0,062 $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$, a 10°C é de 0,071-0,11 $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ e a temperatura de 20°C é de 0,088-0,176 $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ (Honório & Moretti, 2002).

A taxa de deterioração (perecibilidade) para produtos colhidos é geralmente proporcional à taxa de respiração. As frutas e hortaliças podem ser classificadas de acordo com sua respiração. A taxa de respiração para batata madura é considerada baixa, ou seja, apresenta valores entre 5mg e 10mg $\text{CO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$. Já para a batata imatura, os valores da respiração encontram-se moderados, com o índice entre 10mg e 20mg $\text{CO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$. Todos estes valores foram encontrados sob temperatura de 5°C (Fontes & Finger, 1997).

Diversos fatores podem afetar o metabolismo respiratório dos tubérculos durante o armazenamento, como alterações bruscas de temperatura e injúrias mecânicas que induzem aumentos temporários na respiração (Finger & Fontes, 1999).

A taxa de respiração de minimamente processados geralmente é maior do que produtos intactos. Tipicamente, a taxa de respiração pode ser usada para avaliar a vida de prateleira de produtos frescos, porém, com produtos minimamente processados, a fisiologia é alterada muito drasticamente para se fazer uma previsão. Essa taxa progride com o aumento da temperatura, sendo que este aumento difere para cada tipo de produto (Watada et al., 1996).

Segundo Gunes & Lee (1997), sob a temperatura de 2°C para o tubérculo de batata intacto, a respiração foi de 1,22mL CO₂.kg⁻¹.h⁻¹, enquanto que, para batatas descascadas e fatiadas, a taxa foi de 2,55 e 6,1mL CO₂.kg⁻¹.h⁻¹, respectivamente. Segundo esses autores, o processo de respiração ocorre na mitocôndria passando através da casca, os espaços intercelulares e membranas. O descascamento e o corte aumentam o nível de respiração porque removem a casca, reduzindo o caminho de difusão do gás nos tecidos e aumentando a permeabilidade da membrana.

Produtos minimamente processados geralmente são muito mais perecíveis que produtos intactos porque eles passaram por um severo estresse físico, tais como descascamento, cortes, fatiamento e remoção da camada protetora das células. Conseqüentemente, produtos processados devem ser mantidos a temperaturas mais baixas do que aquelas recomendadas para produtos intactos. Embora a temperatura a 0°C seja desejável para muitos produtos, alguns são preparados, transportados e armazenados a 5°C e, algumas vezes, sob temperaturas mais elevadas, como a 10°C. Armazenar a esse nível elevado pode apressar a deterioração por causa do quociente da temperatura de respiração (Q₁₀) das reações biológicas, que aumenta a taxa respiratória de 2 a 3 vezes para cada aumento de 10°C na temperatura de armazenamento.

Porém, deve-se tomar o cuidado com a injúria causada por temperaturas baixas. A batata, por exemplo, pode sofrer injúria pelo frio com temperaturas entre 0°C e 10°C. O ideal para seu armazenamento é a temperatura entre 10°C e 15°C (Kader, 2002).

A temperatura também afeta o equilíbrio do balanço amido/açúcar em batata. Temperaturas de armazenamento inferiores a 10°C favorecem o acúmulo de açúcares solúveis, em detrimento do acúmulo de amido durante o armazenamento. Contudo, o equilíbrio pode ser restaurado ao se armazenarem

os tubérculos em temperaturas de 15°C a 20°C, pelo período de uma semana ou mais.

Em batata, o acúmulo de açúcares solúveis é indesejável, por causa do escurecimento não enzimático que ocorre devido às reações entre aminoácidos e açúcares, em altas temperaturas. Segundo Pritchard & Adam (1994), a temperatura deve ser rigorosamente controlada durante o armazenamento de batatas minimamente processadas embaladas, mantendo-se a 5°C durante todo o processo, para que se evite a formação de condições anaeróbicas dentro da embalagem.

2.4.4 Escurecimento enzimático

O escurecimento da batata, após seu descascamento e corte, consiste numa alteração indesejável e fator limitante primário para sua comercialização. Portanto, tal assunto será tratado em separado, a seguir.

Metade das frutas e hortaliças é perdida devido a reações de deteriorações pós-colheita. Polifenoloxidase e peroxidase, presentes em muitos frutos e hortaliças, são responsáveis pelo escurecimento enzimático de produtos frescos que sofreram escoriações, cortes ou outros danos à parede celular (Martinez & Whitaker, 1995; Burns, 1995).

O controle do escurecimento enzimático em hortaliças e frutas minimamente processadas tem recebido atenção pelos pesquisadores por causa de sua importância no processamento industrial de alimento. Reações de escurecimento em frutas e hortaliças tornam-se evidentes quando o alimento é sujeito a um processamento ou injúria mecânica. Historicamente, o escurecimento enzimático tem sido controlado pela aplicação de sulfitos (Laurila et al., 2002), os quais são altamente eficientes no controle enzimático de batatas pré-descascadas. Por causa de seus efeitos adversos na saúde, o uso de sulfitos para esse propósito tem sido criticado. Diversos substitutos de sulfitos,

principalmente formulações de ácido ascórbico ou ácido eritórbico em combinação com ácido cítrico, fosfatos e conservantes, têm sido testados, mas esses não são eficientes como os sulfitos e alternativas para o controle do escurecimento em batatas processadas ainda precisam ser testadas (Sapers & Miller, 1995).

O escurecimento geralmente prejudica as propriedades sensoriais dos produtos porque está associado a mudanças na cor, no sabor e podendo haver amaciamento devido, provavelmente, à ação de enzimas pécticas (Martinez & Whitaker, 1995). O processo enzimático pode estar associado a um grande número de reações oxidativas e de biodegradação, como degradação da clorofila ou auxinas, oxidação de fenóis, oxidação do ácido indol acético e biossíntese de ligninas (Valderrama et al., 2001). Uma vez quebrada a integridade das paredes celulares e das membranas celulares, a oxidação enzimática ocorre de forma muito mais rápida.

2.4.4.1 Enzimas envolvidas no escurecimento enzimático

O escurecimento enzimático requer quatro diferentes compostos: oxigênio, a enzima, cobre e um substrato fenólico. A mais importante enzima em frutas e hortaliças minimamente processadas é a polifenoloxidase (PPO). Polifenoloxidase é um termo genérico para um grupo de enzimas que catalisam a oxidação de compostos fenólicos e que leva à produção de cor marrom na superfície de frutas e hortaliças cortadas. É encontrada nos plastídeos, não sendo integrantes da membrana protéica. Os substratos fenólicos são encontrados no vacúolo e sua oxidação ocorre somente quando há uma descompartimentalização celular (Belknap et al., 1994). Durante a operação de descascamento e corte, as membranas das células são rompidas e substratos entram em contato com enzimas de oxidação. Na presença de oxigênio, rápido escurecimento ocorre devido à oxidação enzimática de fenóis para orto-

quinonas, que se polimerizam rapidamente, formando pigmentos marrons ou pretos, como as melanoidinas (Laurila et al., 2002). O escurecimento de batatas processadas começa a ocorrer depois que todo o ácido ascórbico foi oxidado (Smith, 1977). Acredita-se que a polifenoloxidase seja a enzima mais importante envolvida no escurecimento de batata.

Polifenoloxidases, também conhecidas como tirosinases, cresolases, catecolases, difenolases e fenolases, catalisam dois tipos de reações, ambas envolvendo oxigênio. A primeira reação corresponde à hidroxilação de monofenóis formando orto-difenóis e a segunda, à oxidação de orto-difenóis, formando orto-quinonas. As polifenoloxidases atuam sobre uma grande variedade de substratos; citam-se p-cresol, tirosina e ácido p-cumárico como substratos monofenólicos, enquanto catecol, didroxifenilalanina e ácido clorogênico substratos são difenólicos (Gomes et al., 2001).

As polifenoloxidases são encontradas em quase todas as plantas desenvolvidas, incluindo, trigo, batata, pepino, alcachofra, alface, pêra, mamão, uva, pêssego, manga e maçã, bem como em sementes de cacau (Martinez & Whitaker, 1995).

Smith (1977) relatou que a atividade da polifenoloxidase diminui com a redução da concentração de oxigênio e com o aumento do peso específico da batata. A maior descoloração de batatas com maior peso específico pode estar mais relacionada com o alto teor de compostos fenólicos do que com a atividade da polifenoloxidase. Belkaap et al. (1994) relataram maior atividade da polifenoloxidase na região mais externa do tubérculo de batata, provavelmente por ser uma região mais exposta a condições ambientais adversas.

Outra enzima muito encontrada em plantas é a peroxidase. Mudança na atividade dessa enzima pode ser constatada quando ocorre algum ferimento, estresse fisiológico e infecções nos vegetais. A peroxidase 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 et al., 1995). A peroxidase promove a oxidação de compostos fenólicos na presença de peróxido de hidrogênio (Dunford & Stillman, 1976). A possível função da peroxidase 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 polifenoloxidase, poderia indicar uma possível ação sinérgica entre essas duas enzimas, o que sugere a participação da peroxidase nos processos de escurecimento (Subramanian et al., 1999). A peroxidase utiliza o peróxido de hidrogênio como doador de elétrons.

Mono e difenóis são potenciais substratos para a peroxidase. Embora a peroxidase possa também contribuir para o escurecimento enzimático, sua função ainda continua questionável (Garcia & Barrett, 2002).

A peroxidase apresenta uma alta atividade na região basal da batata. Sua atividade é maior durante o período de florescimento da planta. A atividade dessa enzima é crescente durante o crescimento da planta, ocorrendo uma diminuição no final do período de desenvolvimento. A atividade da peroxidase é mais alta no pH 5 e aumenta com a temperatura entre 7°C e 55°C, perdendo sua atividade quando exposta durante 10 minutos a 95°C (Smith, 1977).

2.4.4.2 Fatores que influenciam o escurecimento enzimático

Os fatores mais importantes na determinação do grau de escurecimento enzimático em frutas e hortaliças são a concentração enzimática ativa, os compostos fenólicos presentes, o pH, a temperatura e a concentração de oxigênio no tecido (Laurila et al., 2002).

O pH ótimo para a atuação da polifenoloxidase está entre 4 e 7. Gomes et al. (2001) relataram que o pH ótimo para a atividade máxima da polifenoloxidase para nove cultivares de feijão foi 7,2. O ajustamento do pH

com ácidos para 4 ou abaixo desse valor pode ser usado no controle do escurecimento até onde a acidez possa ser suportada pelo paladar humano.

A temperatura ideal para a polifenoloxidase varia dentre as espécies e cultivares. A 80°C, a atividade da enzima é completamente destruída. A inativação com alta temperatura é viável, aplicando-se temperaturas acima de 50°C, mas pode produzir mudanças indesejáveis nas cores, sabor, aroma e ou textura (Laurila et al., 2002). Um estudo do tratamento térmico dos extratos concentrados da polpa e casca das cultivares de maçã Gala e Fuji, nas temperaturas de 60°C, 65°C, 70°C e 75°C, durante o período de 0, 1, 2, 3, 4, 6, 8 e 10 minutos foi realizado. Os resultados revelaram que a atividade da polifenoloxidase diminuiu com o aumento da temperatura e com o tempo de exposição do extrato enzimático, tendo esta isoenzima sido inativada após 10 minutos de tratamento a 75°C (Valderrama et al., 2001).

É importante considerar que produtos minimamente processados, como todo tecido vivo, requerem um mínimo de oxigênio para continuar suas atividades metabólicas. O escurecimento enzimático pode ser retardado (na presença do substrato e da enzima ativa) se o oxigênio não for disponível para a reação acontecer. Durante o processamento de frutas e hortaliças é comum deixar esse material mergulhado em água para que seja evitado o escurecimento. Porém, o tecido vegetal escurece quando é recolocado em contato com o ar atmosférico. Deve-se tomar o cuidado quando o produto é mantido mergulhado, pois o equilíbrio osmótico pode resultar em perda de sólidos (Garcia & Barrett, 2002).

Diversos fatores podem contribuir para o desenvolvimento do escurecimento enzimático, como práticas culturais, tipo de solo, fertilizante, clima e condições nas quais são colhidas as frutas e as hortaliças. Todos esses fatores podem influenciar na qualidade final do produto minimamente processado. Alta quantidade de nitrogênio tem influenciado no aumento do

escurecimento em batata. A seleção do material para o processamento precisa ser muito bem avaliado. A suscetibilidade para o escurecimento pode variar de cultivar para cultivar. Alguns tecidos podem apresentar alta atividade da polifenoloxidase e ou alta concentração ou tipos de fenólicos, substratos da polifenoloxidase, que, sob condições apropriadas, podem aumentar a tendência ao escurecimento (Garcia & Barrett, 2002).

O ideal seria selecionar cultivares com baixos níveis de polifenoloxidase ou substratos fenólicos, ou ambos. A correta escolha da cultivar é particularmente importante para cenouras, batatas e cebolas.

Algumas hortaliças e ou frutos, como batata, cenoura ou maçã, necessitam ser descascadas. Há diversos métodos avaliados, mas, em escala industrial, o descasque é normalmente realizado com descascadores mecânicos, químicos ou com vapor à alta pressão. O método ideal seria o descascamento à mão, com uma faca bem afiada. Segundo Gunes & Lee (1997), batatas devem ser descascadas por soluções lixívias alcalinas (NaOH ou KOH) ou com faca, quando ocorre um menor escurecimento enzimático.

2.4.4.3 Métodos para prevenção do escurecimento enzimático

O uso de filmes ou coberturas comestíveis pode modificar a atmosfera internamente, tendo se mostrado uma eficiente ferramenta para estender a vida de prateleira do produto. Porém, extensiva modificação da atmosfera poderá causar injúrias no tecido (Watada et al., 1996).

Para batatas pré-descascadas, substâncias conservantes, embalagem a vácuo e a baixa temperatura durante a distribuição têm sido comumente usadas. O mais eficiente conservante para produtos frescos é o sulfito, que serve como agente antimicrobiano e controla o escurecimento enzimático. Porém, o uso de sulfitos está sujeito a regulações pelo governo em diversos países e sua

aplicação tem sido ligada a reações adversas em consumidores (Baldwin et al., 1996).

Na teoria, o escurecimento em frutas e hortaliças pode ser prevenido utilizando-se tratamentos com alta temperatura, inativando a enzima, fazendo a exclusão ou remoção de um dos compostos (O_2 ou fenóis), abaixando o pH para 4, ou adicionando compostos que inibam a polifenoloxidase ou previnam a formação de melanoidinas. Vários inibidores da polifenoloxidase são conhecidos, mas poucos têm sido considerados como alternativas para os sulfitos.

A alternativa mais estudada para substituir o sulfito é o ácido ascórbico. Este composto é altamente efetivo na inibição do escurecimento enzimático, primariamente por causa de sua habilidade em reduzir a transformação de compostos fenólicos em orto-quinonas. Infelizmente, uma vez que o ácido ascórbico tem sido completamente oxidado a ácido deidroascórbico, quinonas podem ser acumuladas e sofrer escurecimento (Laurila et al., 2002).

O ácido cítrico atua como agente quelante e acidulante, ambos inibidores da polifenoloxidase (Laurila et al., 2002) e é o principal ácido orgânico de frutas e hortaliças (Wiley, 1994; Gardner, 1966). O ácido cítrico reduz o pH, quelando o cobre no sítio ativo da polifenoloxidase, inativando a enzima. Resultados promissores têm sido obtidos usando ácido cítrico e as combinações com ácido ascórbico e ácido benzóico, mergulhando-se batata minimamente processada nessas soluções. Gunes & Lee (1997) observaram que a mistura de 0,5% de L-cisteína e 2% de ácido cítrico proporcionou o melhor resultado em relação ao valor L^* (intensidade de cor) em batata descascada por abrasão e embaladas em atmosfera modificada quando comparada ao uso de outras substâncias antioxidantes.

Segundo Langdon (1987), batatas foram fatiadas e mergulhadas durante 1 minuto em solução contendo 0,3%, 0,5% ou 1% de ácido cítrico em

combinação com ácido ascórbico e depois embaladas em polietileno. Após 14 e 20 dias, as batatas tratadas com esta solução apresentavam aparência, cheiro e textura de batatas frescas fatiadas. Gardner (1991), avaliando batatas descascadas tratadas com uma solução de 1,08g de ácido cítrico e 1,08g de ácido ascórbico em 100mL de água (partes por peso) e embaladas em polietileno, armazenando-se a 0°C e 4°C, obteve bons resultados. A vida de prateleira baseada na cor do produto foi de 12 dias, apresentando um odor característico de produto fresco. Após a abertura da embalagem, a batata manteve sua coloração normal por 7 horas em atmosfera natural. Laurila et al. (1998), estudando três diferentes cultivares (uma delas era a Bintje), observaram boa qualidade visual para batatas fatiadas mergulhadas em soluções com concentração de 0,1% de ácido cítrico 0,5% de ácido ascórbico e com uma mistura de 20% de CO₂ + 80% N₂ na embalagem.

O ácido eritórbico é um isômero do ácido ascórbico, apresentando propriedades semelhantes, embora não tenha atividade de vitamina C. O ácido eritórbico atua como sequestrador de oxigênio e, portanto, reduzindo o oxigênio molecular. Esse composto chega a ser até cinco vezes mais barato que o ácido ascórbico. O ácido eritórbico tem sido usado como inibidor de escurecimento enzimático em combinação com o ácido ascórbico ou cítrico para batatas fatiadas e para batatas inteiras descascadas por abrasão. Santerre et al. (1991) retiraram a casca da batata por abrasão, deixando-a inteira e mergulhou o tubérculo em uma solução contendo 3% de ácido eritórbico, armazenando-o em embalagem plástica a 3,8°C. As batatas mergulhadas na solução de ácido eritórbico apresentaram luminosidade igual ou maior do que batatas com 2.000ppm de sulfito.

Acredita-se que, num futuro próximo, cultivares mais adaptadas ao processamento mínimo já tenham sido desenvolvidas. Talvez, produtos

destinados ao processamento serão cultivados em condições mais controladas, a fim de se obter um produto mais próximo do padrão desejável.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL. **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: Editora FNP Consultoria e Agroinformativo, 2004. p. 168.

AL-SAIKHAN, M. S.; HOWARD, L. R.; MILLER, J. C. Antioxidante activity and total phenolics in differents genotypes of potato. **Journal of Food science**, Chicago, v. 60, n. 2, 341-343, Mar/Apr. 1995.

ASSELBERGS, E. A. M.; FRANCIS, F. J. Studies on the formation of vitamin C of potato tissue. **Canadian Journal of Botanic**, Ottawa, v. 30, p. 665, 1952.

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

BELKAAP, W. R.; VAYDA, M. E.; PARK, W. D. **The molecular and cellular biology of the potato**. 2. ed. CAB Iinternational, 1994. p. 515-153.

BERBARI, S. A. G.; AGUIRRE, J. M. Alternativa para o aproveitamento de Batata. **Batata Show**. São Paulo, v. 2. n. 4, p. 27, 2002.

BORGSTROM, G. **Principles of food science**. 2. ed. Connecticut: Food and nutrition Press, 1976. v. 1, 397 p.

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

BURNS, K. J. Lightly processed fruits and vegetables: introduction to the colloquium. **HortScience**, Alexandria, v. 30, n 1, p. 14-17, Feb. 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**, Washington, v. 50, n. 8, p. 3015-3023, Apr. 2002.

CANTWELL, M. I. Preparo e qualidade de produtos minimamente processados. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE

FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa, MG. **Procedimentos...** Viçosa, MG, Brasil, 2000. v. 1, p. 156-182.

CHITARRA, M. I. F. **Processamento mínimo de frutos e hortaliças.** Viçosa, MG: Centro de produções Técnicas, 1998. 88 p.

COELHO, A. H. R. **Alterações químicas e qualidade de fritura de duas cultivares de batata (*Solanum tuberosum* L.) armazenadas em atmosfera modificada em temperatura ambiente e sob refrigeração.** 1998. 145 p. Dissertação (Doutorado em Ciências dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

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

DUNFORD, H. B.; STILLMAN, J. S. On the function and mechanism of action of peroxidases. **Coordination Chemistry Reviews**, Lausanne, v. 19, n. 3, 187-251, 1976.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças.** Viçosa, MG: UFV, 2000. 402 p.

FINGER, F. L.; FONTES, P. C. R. Manejo pós-colheita da batata. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 197, p. 105-111, mar./abr. 1999.

FONTES, P. C. R.; FINGER, F. L. **Pós-colheita do tubérculo de batata.** Viçosa, MG: Imprensa Universitária da UFV, 1997. 32 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. 2002. Disponível em <<http://www.fao.org>>. Acesso em: 15 set. 2003.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos.** 9. ed. São Paulo: Editora Atheneu, 1999. 287 p.

FUKUDA, M.; KUNISADA, Y.; NODA, H.; TAGAYA, S.; YAMAMOTO, Y.; KIDA, Y. Effect of storage time of potatoes after harvest on increase of ascorbic acid content by wounding. **Journal of the Japanese Society of Food Science and Technology**, Ibaraki, v. 42, n. 12, p. 1031-1034, 1995.

GARCIA, E.; BARRETT, D. M. Preservative treatments for fresh-cut fruits and vegetables. In: LAMIKANRA, O. **Fresh-cut fruits and vegetable**. Florida: CRC PRESS, 2002. p. 268-303.

GARDNER, J.; MANOHAR, S.; BORISENOK, W. S. **Sulfite-free preservative for fresh peeled fruits and vegetables**. Patent number, 4988523, 1991.

GOMES, M. R. A.; OLIVEIRA, M. G.; ALMEIDA; CARNEIRO, G. E. S.; BARROS, E. G.; MOREIRA, M. A. Propriedades físico-químicas de polifenoloxidase de feijão (*PHASEOLUS VULGARIS* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 69-72, jan./abr. 2001.

GUNES, G.; LEE, C. Y. Color of minimally processed potatoes as affected by modified atmosphere packaging and antibrowning agents. **Journal of Food Science**, Chicago v. 62, n. 3, p. 572-575, May/June 1997.

HEEMST, H. D. J. van. The distribution of dry matter during growth of potato crop. **Potato Reserch**. Wageningen, v. 29, 0. 1, p. 55-66, Mar. 1986.

HONÓRIO, S. L.; MORETTI, C. L. Fisiologia pós-colheita de frutas e hortaliças In: CORTEZ, L. A. B.; HONÓRIO, L. S.; MORETTI, C. L. **Resfriamento de frutas e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliça, 2002. p. 96-139.

IMAHORI, Y.; YAN-FEI, Z.; UEDA, Y.; ABE, K.; CAHCHIN, K. Effects of wound stress by slicing sweet pepper fruits on ascorbic acid metabolism. **Journal of Japanese Society for Horticultural Science**, Kyoto, v. 66, n. 1, p. 175-183, June 1997.

INTERNATIONAL FRESH-CUT PRODUCE ASSOCIATION - IFPA. 2002. Disponível em: <<http://www.fresh-cut.org>>. Acesso em: 23 set. 2003.

KADER, A. A. Postharvest biology and technology: an overview. In: KADER, A. A. **Postharvest technology of horticultural crops**. California: University of California and Natural Resources, 2002. p. 39-47.

LANGDON, T. T. Preservation of browning in prepared potatoes without the use of sulfiting agents. **Food Technology**, Chicago, v. 41, n. 7/8, p. 64-67, July/Aug. 1987.

LAURILA, E. K.; HURME, E.; AHVENAINEN, R. The shelf-life of sliced raw potatoes of various cultivar varieties - substitution of bisulphites. **Journal of Food Protection**, Des Moines, v. 61, n. 10, p. 1363-1371, Oct. 1998.

LAURILA, E. K.; KERVINEN, R.; AHVENAINEN, R. **The inhibition of enzymatic browning in minimally processed vegetables and fruits**. VTT Biotechnology and Food Research. Finland, 2002. Disponível em: <<http://hort.cabweb.org/Postharv/Reviews/Laurila.htm>>. Acesso em 2004.

LEE, S. K.; KADER, A. A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 20, n. 3, p. 207-220, Nov. 2000.

LÓPEZ-SERRANO, M.; RÓS-BARCELO, A. Peroxidase in unripe and processing strawberries. **Food Chemistry**, Oxford, v. 52, n. 2, p. 157-160, 1995.

LUENGO, R. F. A.; LANA, M. M. **Processamento mínimo de hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 1997. 4 p. (Comunicado Técnico)

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

MATHEIS, G. Polyphenol oxidase and enzymatic browning of potatoes. Properties of potato polyphenol oxidase. **Chemische Mikrobiologie Lebensmittel**, Stuttgart, v. 11, p. 5-12, 1987.

MELO, P. E. Cultivares de batata potencialmente úteis para processamento na forma de fritura no Brasil e manejo para obtenção de tubérculos adequados. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 197, p. 112-119, mar./abr. 1999.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. A importância dos pré-processados. **Fruitsfatos**, Piracicaba, v. 1, n. 1, p. 16-18, 1999.

MORETTI, C. L. Processamento mínimo de hortaliças: alternativa viável para a redução pós-colheita e agregação de valor ao agronegócio brasileiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 2, contra-capá, jul. 1999.



MUTSUDA, M.; ISHIKAWA, T.; TAKEDA, T.; SHIGEOKA, S. Subcellular localization and properties of L-Galactono- γ -lactone dehydrogenase in spinach leaves. **Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry**, Tokyo, v. 59, n. 10, p. 1983-1984, Oct. 1995.

NOCTOR, G.; FOYER, C. H. Ascorbate and glutathione: keeping active oxygen under control. **Annual Review of Plant Physiology and Molecular Biology**, Palo Alto, v. 49, p. 249-279, 1998.

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**, Kyoto, v. 35, n. 3, p. 473-478, Apr. 1994.

ORR, P. H.; CASH, J. N. Potatoes and processing. In: HUI, Y. H. **Encyclopedia of food science and technology**. Connecticut: John Wiley, 1991. v. 3, p. 2132-2136.

PRITCHARD, M. K.; ADAM, L. R. Relationships between fry color and sugar concentration in stored Russet Burbank and Shepody potatoes. **American Potato Journal**, Orono, v. 71, n. 1, p. 59-68, Jan. 1994.

REIS JÚNIOR, R. dos A.; FONTES, P. C. Qualidade de tubérculos de batata cv. Baraka em função de doses da adubação potássica. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 14, n. 2, p. 170-174, nov. 1996.

RODRIGUEZ-SAONA, L. E.; WROLSTAD, R. E. Influence of potato composition on chip color quality. **American Potato Journal**, Orono, v. 74, n. 2, p. 87-106, Mar./Apr. 1997.

SANTERRES, C. R.; LEACH, T. F.; CASH, J. N. Bisulfite alternatives in processing abrasion-peeled Russet Burbank potatoes. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 56, n. 2, 257-259, Jan./Feb. 1991.

SAPERS, G. M.; MILLER, R. L. Heated ascorbic/citric acid solution as browning inhibitor for pre-peeled potatoes. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 60, n. 4, p. 762-777, July/Aug. 1995.

SMITH, O. **Potatoes: production, storing, processing**. Westport, Connecticut: The Avi Publishing Company, 1977. p. 77-121.

SUBRAMANIAN, N.; VENKATESH, P.; GANGULI, S.; SINKAR, V. P. Role of polyphenol oxidase and peroxidase in the generation of black tea theaflavins. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v. 47, n. 7, p. 2571-2578, July 1999.

TAKANO, K. Batata frita congelada: questão de tempo. **Batata Show**, São Paulo, v. 1, n. 3, p. 11, set. 2001.

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**, Washington, v. 50, n. 21, p. 5925-5931, Oct. 2002a.

TUDELA, J. A.; ESPÍN, J. C.; GIL, M. I. Vitamin C retention in fresh-cut potatoes. In: **Post Harvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 26, n. 1, p. 75-84, Oct. 2002b.

VALDERRAMA, P.; MARANGONI, F.; CLEMENTE, E. Efeito do tratamento térmico sobre a atividade de peroxidase (POD) e polifenoloxidase (PPO) em maçã (*Mallus comunis*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 3, 321-325, Sept./Dec. 2001.

VENDRUSCOLO, J. L. Avaliação e melhoria das qualidades tecnológicas e sensoriais de genótipos de batata (*Solanum tuberosum* L.) para a industrialização e consumo de mesa. Pelotas: CPTA/EMBRAPA, 1998. 6 p. (Subprojeto de pesquisa nº 0. 5. 0. 99. 080. 05. sistema Embrapa de Planejamento).

VITTI, A.; COSTA, C. D. Os hortifrutis que curam. **Hortifrutí Brasil**, Piracicaba, v. 2, n. 15, p. 8-11, 2003.

VITTI, M. C. D.; KLUGE, R. A. Prontos para o consumo: produtos Minimamente Processados. In: PANORAMA DA PÓS-COLHEITA E COMERCIALIZAÇÃO, 2002, Piracicaba. **Anais do Seminário de flores, frutas e hortaliças**. Piracicaba, 2002.

WATADA, A. E.; KO, N. P.; MINOTT, D. A. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 9, n. 2, p. 115-125, Nov. 1996.

CAPÍTULO 2

AVALIAÇÃO DO PROCESSAMENTO MÍNIMO DE BATATAS 'ASTERIX' E 'BINTJE', ARMAZENADAS A 5°C E 15°C

1 RESUMO

Almeida, Gustavo Costa de. **Avaliação do processamento mínimo de batatas 'Asterix' e 'Bintje', armazenadas a 5°C e 15°C.** 2005. 119p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

A batata enquadra-se no grupo das hortaliças que possuem as características para o processamento mínimo devido à sua pouca conveniência durante o preparo para as refeições. Dois obstáculos a serem enfrentados durante processamento mínimo de frutas e hortaliças são a escolha correta da cultivar e a manutenção da baixa temperatura durante o período de comercialização. O presente trabalho avaliou o comportamento fisiológico de diferentes cultivares de batata, Asterix e Bintje, minimamente processadas na forma palito e intactas, armazenadas em diferentes temperaturas, 5°C e 15°C. Foram avaliadas a concentração de gás carbônico e as variáveis firmeza, intensidade da cor, atividade da polifenoloxidase e peroxidase, açúcares totais, amido, vitamina C e acidez titulável no produto minimamente processado armazenado a 5°C e 15°C, durante 9 dias. O trabalho foi realizado no Laboratório de Pós-Colheita da EMBRAPA, no Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças, CNPH, em Brasília, no ano de 2004. O processamento mínimo da batata aumentou sua taxa respiratória nas primeiras 4 horas após o processamento, com a 'Asterix' minimamente processada apresentando maior taxa sob as duas temperaturas de armazenamento. O armazenamento da batata minimamente processada a 5°C e 15°C se mostrou prejudicial para ambas as cultivares, devido à formação de pequenas pontuações escuras na batata palito. Para as duas cultivares armazenadas a 15°C, houve acúmulo de água no interior da embalagem com a emanção de odor fétido. A cultivar Bintje apresentou menor atividade da polifenoloxidase, maior intensidade de cor e maior teor de ácido ascórbico em relação a cultivar Asterix.

* Comitê orientador: Eduardo Valério de Barros Vilas Boas - UFLA (Orientador); Celso Luiz Moretti - EMBRAPA (Co-orientador).

2 ABSTRACT

Almeida, Gustavo Costa de. **Evaluation of minimal processing of 'Asterix' e 'Bintje' potatoes, stored at 5°C and 15°C.** 2005. 119p. Dissertation (Master in Food Science) - Federal University of Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brazil.*

Potatoes belong to a group of vegetables which have the specific characteristics to be minimally processed due their low convenience during the prepare to meals. There are two shortcomings related to fresh-cut fruits and vegetables: the right choice of cultivar and keeping the low temperature during the marketing. This work had the purpose of evaluating the physiological behaviour of different cultivars of potatoes Asterix and Bintje, intacts and minimally processed in shape of strips, stored in different temperatures, 5°C and 15°C. It was evaluated the concentration of carbon dioxide for 4 hours after the processing and the variables firmness, colour intensity, activity of peroxidase and polyphenoloxidase, titratable acidity, total sugars, starch and vitamin C in the fresh-cut product stored at 5°C and 15°C for 9 days. The work was carried out in Post-Harvest Laboratory of EMBRAPA in Research National Center of Vegetables, in Brasilia, Brazil, 2004. The minimal processing of the potato increased its respiration rate in the first four hours after the processing and the fresh-cut 'Asterix' showed higher respiration rate under both storage temperatures. The storage of fresh-cut potatoes at 5°C e 15°C wasn't appropriate, since some black spots appeared on the potatoes strips stored under both temperatures. In relation to the fresh-cut potatoes stored at 15°C there was accumulation of water inside of the packing and a disagreeable odor after the third day. The Bintje cultivar showed lower activity of polyphenoloxidase, higher colour intensity and content of vitamin C in comparison to 'Asterix'.

* Guidance committee: Eduardo Valério de Barros Vilas Boas - UFLA (Adviser); Celso Luiz Moretti - EMBRAPA (Co-adviser).

3 INTRODUÇÃO

O Brasil se caracteriza como um grande importador de batata pré-frita congelada, em um mercado que cresce 5% ao ano (Takano, 2001). As batatas pré-fritas congeladas consumidas no Brasil são, em grande parte, importadas dos Estados Unidos, Holanda, Canadá, França e Argentina, em embalagens de 500g e 1kg, para atender ao consumo doméstico e 5kg, para o mercado institucional. Os Estados Unidos caracterizam-se como o maior produtor, consumidor e importador de batata frita congelada (AGRIANUAL, 2004). Um aumento na produção de batatas palito minimamente processadas pode levar a uma redução na importação de batata pré-frita congelada, favorecendo o aumento do superávit da balança comercial brasileira.

Os produtos minimamente processados já se encontram no mercado há mais de 20 anos. O maior número de pessoas morando sozinhas, a maior participação da mulher no mercado de trabalho e a busca dos consumidores por produtos convenientes têm aumentado a demanda por frutas e hortaliças minimamente processadas. Esse novo tipo de serviço traz conveniência, oferecendo economia de tempo para os consumidores.

O descascamento e o fatiamento da batata são práticas comuns antes do seu consumo, o que torna esse tubérculo um produto pouco conveniente para o consumidor. Devido às transformações dos hábitos alimentares pelos quais a sociedade vem passando nos últimos anos, a batata tem um grande potencial para se enquadrar no ramo de produtos minimamente processados, em função de sua grande demanda. A batata palito minimamente processada detém os atributos da conveniência, além da qualidade das batatas frescas. O propósito do seu fornecimento é o de disponibilizar um produto que não requeira nenhuma preparação posterior por parte do consumidor no que se refere à seleção,

limpeza, lavagem, descascamento e corte. Outra vantagem é a redução praticamente total do desperdício.

Pesquisa feita pela Associação Brasileira da Batata, em 2002, com 302 consumidores, revelou que 82% preferem batatas frescas, que incluem batatas minimamente processadas, a batatas pré-fritas congeladas (Berbari et al., 2002). A batata palito minimamente processada apresenta várias vantagens sobre a pré-frita congelada, visto ser um produto fresco, o que atende aos anseios do consumidor, possui custo de produção menor e não necessita de temperaturas de armazenamento tão baixas quanto para as pré-fritas congeladas (-18°C).

Para batatas destinadas ao processamento na forma de fritura, as principais características gerais são o teor adequado de matéria seca (para batata palito, em torno de 19%) e um baixo teor de açúcares redutores. Para Vendrusculo (1998), o limite estabelecido na literatura quanto ao teor de açúcares redutores é quase consensual. Em tubérculos para fritura, ele deve situar-se em torno de 0,2% a 0,3% da matéria fresca, inclusive para o desenvolvimento de cor, pois valores inferiores de açúcares redutores deixarão o produto mais branco. A falta de cultivares adequadas no Brasil para o processamento mínimo faz com que as agroindústrias utilizem cultivares que se adaptem melhor ao processamento. É fundamental que essas cultivares apresentem bom rendimento e boa aceitação pelo consumidor.

Batatas minimamente processadas não são consumidas no estado fresco, mas são um produto perecível que necessita ser preservado do escurecimento enzimático, da perda de água e do crescimento microbiano. O escurecimento de batata, após seu descascamento e corte, consiste em uma alteração indesejável e fator limitante primário para sua comercialização. Polifenoloxidase e peroxidase, encontradas em muitas frutas e hortaliças, são responsáveis pelo escurecimento enzimático de produtos frescos que sofreram escoriações, cortes ou outros danos à parede celular (Martinez & Whitaker, 1995; Burns, 1995).

O escurecimento geralmente prejudica as propriedades sensoriais dos produtos porque está associado a mudanças na cor e no sabor, podendo haver amaciamento devido, provavelmente, à ação de enzimas pécnicas (Martinez & Whitaker, 1995). Uma vez quebrada a integridade das paredes celulares e das membranas celulares, a oxidação enzimática ocorre de forma muito mais rápida.

O escurecimento enzimático requer quatro diferentes compostos: oxigênio, uma enzima, cobre e um substrato. O escurecimento de batatas processadas começa a ocorrer depois que todo o ácido ascórbico foi oxidado (Smith, 1977). Acredita-se que a polifenoloxidase seja a enzima mais importante envolvida no escurecimento de batata.

Smith (1977) relatou que a atividade da polifenoloxidase diminui com a redução da concentração de oxigênio e com o aumento da densidade. A maior descoloração de batatas com maior peso específico pode ser mais relacionada com o alto teor de compostos fenólicos do que com a atividade da polifenoloxidase.

Outra enzima muito encontrada em plantas é a peroxidase. Mudança na atividade dessa enzima pode ser constatada quando ocorre algum fermento, estresse fisiológico e infecções nos vegetais. A peroxidase 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 et al., 1995). A peroxidase promove a oxidação de compostos fenólicos na presença de peróxido de hidrogênio (Dunford & Stillman, 1976). A possível função da peroxidase 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 polifenoloxidase, poderia indicar uma possível ação sinérgica entre essas duas enzimas, o que sugere a participação da peroxidase nos processos de escurecimento (Subramanian et al., 1999).

Os fatores mais importantes na determinação do grau de escurecimento enzimático em frutas e hortaliças são a concentração enzimática ativa e os compostos fenólicos presentes, o pH, a temperatura e a concentração de oxigênio no tecido (Laurila et al., 2002).

É importante considerar que produtos minimamente processados, como todo tecido vivo, requerem um mínimo de oxigênio para continuar suas atividades metabólicas. O escurecimento enzimático pode ser retardado (na presença do substrato e da enzima ativa) se o oxigênio não for disponível para a reação acontecer. Durante o processamento de frutas e hortaliças é comum deixar esse material mergulhado em água para que seja evitado o escurecimento. Porém, o tecido vegetal escurece quando é recolocado em contato com o ar atmosférico (Garcia & Barrett, 2002). O ideal seria selecionar cultivares com baixos níveis de polifenoloxidase ou substratos fenólicos, ou ambos. Em batatas, a escolha da cultivar se dá em função da finalidade: se para preparo de saladas e purê (pode ter baixa porcentagem de matéria seca), se para preparo de batatas fritas (“chips”, “french fries”, batata palha) ou batata desidratada, nas quais é importante um alto teor de matéria seca e baixa concentração de açúcares redutores.

Para batatas pré-descascadas, substâncias conservantes, embalagem a vácuo e a baixa refrigeração durante a distribuição têm sido comumente usados. Segundo Matheis (1987), o ácido ascórbico é, provavelmente, o maior inibidor de ocorrência natural do escurecimento enzimático em batatas. O ácido ascórbico reduz a habilidade da enzima em oxidar o catecol (Smith, 1977). Ele reduz os produtos da oxidação inicial, as ortoquinonas, para ortodifenóis, até que ele seja quantitativamente oxidado para ácido deidroascórbico. Devido a esse efeito, o ácido ascórbico tem sido reportado por inibir diretamente a ação da polifenoloxidase da batata.

O presente trabalho avaliou o comportamento fisiológico, químico, bioquímico e físico de diferentes cultivares de batata, Asterix e Bintje, minimamente processadas na forma palito e intacta, armazenadas sob diferentes temperaturas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Matéria-prima

Os tubérculos de batata (*Solanum tuberosum* L.) das cultivares Asterix e Bintje foram obtidos no comércio de Brasília, no ponto ótimo de colheita. O experimento foi realizado no Laboratório de Pós-Colheita do Centro Nacional de Pesquisa de Hortalças (CNPQ), EMBRAPA Distrito Federal, no ano de 2004.

4.2 Processamento mínimo

Os tubérculos foram selecionados quanto à presença de danos mecânicos, tamanho (próximo a 10cm) e diâmetro. Após a seleção, os tubérculos foram lavados, sanitificados com hipoclorito de sódio a 100ppm e descascados por abrasão. Foram enxaguados em água potável, processados na forma de palito de aproximadamente 5cm de comprimento por 1cm de largura e sanitificados com 150ppm de cloro ativo durante 5 minutos. Depois, os tubérculos minimamente processados foram centrifugados por 4 minutos a 800g e embalados, sob vácuo parcial, em porções de 200g, em náilon multicamadas. Os operadores usaram luvas, gorros, máscaras e aventais em um local apropriado para o processamento mínimo e previamente sanitificado.

4.3 Análises

4.3.1 Rendimento da batata após o processamento

A batata intacta antes do seu processamento foi pesada e, logo após o processamento mínimo, foi pesada novamente. Dessa maneira, obteve-se o rendimento do tubérculo, em porcentagem, após o seu processamento.

4.3.2 Matéria seca

O teor de matéria seca foi determinado gravimetricamente por secagem em estufa com a temperatura controlada a 105°C, por 24 horas ou até peso constante (Silva, 1990).

4.3.3 Firmeza

A firmeza foi medida como resistência à penetração, com o auxílio do penetrômetro a gás composto por ponteira arredondada com o diâmetro medindo 3mm. As leituras em kgf foram feitas na parte equatorial da batata minimamente processada na forma de palito. Os resultados foram multiplicados por 9,86, para obter-se o resultado em Newtons (EMBRAPA, 2004).

4.3.4 Valor L*

As medidas para cor foram feitas com o aparelho Minolta-Color Reader CR 10. As medidas foram expressas no espaço de cor L*, em que L é o brilho que varia de 0 a 100.

4.3.5 Taxa respiratória

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

A altura dos picos no cromatograma foi medida com o auxílio de um paquímetro e comparada com a altura do pico da injeção de 1,0mL de uma

amostra padrão composta por 1,0% de CO₂. Para a determinação da taxa de evolução de CO₂, utilizou-se a seguinte fórmula:

$$\%CO_2 = \frac{H_1 \times 0,01}{H_2}$$

Em que:

H₁ - média da altura dos picos da amostra

H₂ - média da altura dos picos do padrão.

0,01 - concentração de CO₂ no padrão.

$$CO_2 (\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}) = \%CO_2 \times K, \text{ onde } K = \frac{\text{volume morto do frasco (mL)}}{\text{massa do produto (kg)} \times 100}$$

O volume morto é obtido pela diferença entre o volume do frasco e o volume da amostra. O resultado da taxa de evolução do CO₂ foi expresso em mL CO₂.kg⁻¹.h⁻¹.

4.3.6 Acidez titulável

O nível de acidez do produto foi mensurado utilizando-se o método de titulação em pH 8,2, com NaOH a 0,1N. Os resultados foram expressos em porcentagem de ácido cítrico por 100g de polpa de batata.

4.3.7 Amido

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

Foram pesados 4g de batatas minimamente processadas na forma palitos, adicionados 20mL de etanol a 80% a 50°C, 0,05g de CaCO₃ e homogeneizados. Após a batata ter sido homogeneizada, essa solução foi centrifugada a 5.000rpm durante 15 minutos a 15°C. Após a centrifugação, o sobrenadante foi descartado e, novamente, foram adicionados 20mL de etanol a 80% a 50°C e 0,05g de CaCO₃ ao resíduo. Esse procedimento foi feito mais uma vez, totalizando três operações, sempre mantendo-se o resíduo. Ao resíduo foram adicionados 2,5mL de água destilada e 3,25mL de ácido perclórico a 52%, agitando-se e deixando-se descansar por 30 minutos. Após o repouso, o material foi centrifugado a 15.000rpm, durante 20 minutos a 15°C. O sobrenadante foi armazenado. No resíduo, repetiu-se por 2 vezes a operação de hidrólise do amido. Essa operação foi realizada três vezes ao todo. Todo o sobrenadante foi passado para um balão volumétrico que, depois, foi completado para 50mL com água destilada. Retirou-se alíquota para determinar o açúcar total pelo método colorimétrico descrito por Dubois (1956). O resultado final foi multiplicado por 0,9 para se obter a quantidade de amido por 100g de polpa de batata.

4.3.8 Açúcares totais

Foram determinados pelo método colorimétrico descrito por Dubois (1956). Centrifugou-se o homogenato de batata a 1.500rpm por 20 minutos a 15°C e filtrou-se o sobrenadante. Retirou-se 1mL do filtrado e completou-se o balão volumétrico para 50mL com água destilada. Retirou-se 1mL da solução, acrescentando-se 0,5mL de fenol a 5%, agitando-se. Acrescentaram-se 2,5mL de ácido sulfúrico e agitou-se novamente. A amostra foi lida na absorbância de 490nm. Os resultados foram expressos em gramas de açúcares totais por 100g de polpa de batata.

4.3.9 Vitamina C

O teor de vitamina C foi determinado segundo metodologia descrita por Terada et al. (1979), modificada por Nunes et al. (1995). Pesaram-se 2g de tecido fresco e adicionaram-se 18mL de mistura ácida. Centrifugou-se a 15.000rpm por 20 minutos, a 4°C, e filtrou-se o sobrenadante. Pipetou-se 1mL da solução e adicionaram-se a esse volume 5µL de 2,6 diclorofenolindofenol a 0,2%, agitou-se e incubou-se à temperatura ambiente por uma hora. Adicionou 1mL de toiuréia a 2% e agitou-se bem. Foram adicionados 0,5mL de dinitrofenilidrazina a 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 2,5mL de H₂SO₄ gelado (inclusive no branco) e agitou-se. Adicionaram-se 0,5mL de dinitrofenilidrazina a 2% ao branco e agitou-se. As amostras foram lidas na absorbância de 540nm à temperatura ambiente. Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100g de batata.

4.3.10 Polifenoloxidase e peroxidase

O procedimento foi realizado a 4°C. Tomaram-se 10g de tecido (polpa fresca), ressuspendeu-se em 90mL de tampão fosfato 0,05M pH 7,0, para conservar o pH da enzima e homogeneizou-se por 3 minutos em politron. Filtrou-se em papel Whatmann^o 1, centrifugando-se logo em seguida (10.000rpm/10 minutos). O sobrenadante constituiu a fonte enzimática.

4.3.10.1 Atividade da polifenoloxidase ou PFO (unidade enzimática.min⁻¹.g⁻¹ de tecido)

Determinou-se a atividade da polifenoloxidase de acordo com a técnica descrita por Ponting & Joslyn (1948). Retiraram-se 0,5mL do extrato enzimático e adicionaram-se 1,8mL de tampão fosfato 0,1M (pH 7,0) e 0,05mL de catecol

10mM. Incubou-se durante 30 minutos a 30°C. A reação foi interrompida adicionando-se 0,8mL de ácido perclórico 2N. A leitura dos valores de absorbância foi feita em espectrofotômetro, no comprimento de onda de 395nm. Uma unidade enzimática é igual à variação de 0,01 na absorbância.

4.3.10.2 Atividade da peroxidase ou POD (unidade enzimática. min⁻¹.g⁻¹de tecido)

A atividade de peroxidase foi determinada de acordo com a técnica descrita por Ferhmann & Diamond (1967). Foram retirados 3,0mL do extrato enzimático, o mesmo preparado para a polifenoloxidase. Adicionaram-se 5,0mL de tampão fosfato-citrato 0,1M (pH 5,0), 0,5mL de H₂O₂ a 3% e 0,5mL de guaiacol. Incubou-se durante 5 minutos a 30°C. A reação foi interrompida adicionando-se 1,0mL de bissulfito de sódio a 30%. A leitura dos valores de absorbância foi feita em espectrofotômetro, no comprimento de onda de 470nm. Uma unidade enzimática é igual à variação de 0,01 na absorbância.

4.3.11 Análises visuais e de odor

Para a realização das análises visuais e de odor, houve a participação de seis técnicos não treinados ligados, ao Laboratório de Pós-colheita da Embrapa Hortaliças. Foram feitos três tipos de observações:

- Presença de água na embalagem: a presença de água no fundo da embalagem acima de 1mm;
- Pontuações escuras: a presença visível, ao olho humano, de, no mínimo, uma pontuação escura na batata palito;
- Odor fétido: para considerar como odor fétido, 100% da equipe técnica deveria afirmar que o odor oriundo da embalagem era desagradável.

4.3.12 Análises estatísticas

A análise estatística utilizada para a obtenção dos resultados foi dada pela análise de variância aplicada ao delineamento inteiramente casualizado (DIC), em que os tratamentos analisados em função do tempo foram aleatorizados conforme o esquema de parcela subdividida (Gomes, 2000).

É importante ressaltar que as respostas das variáveis analisadas em cada tempo foram provenientes de parcelas experimentais diferentes, sendo estas constituídas por três lotes do material vegetal estudado. Entretanto, considerou-se a dependência entre as parcelas pelo fato de que, a cada tempo, as parcelas eram provenientes do mesmo material, evidenciando, assim, uma dependência entre as respostas observadas.

4.4 Delineamento experimental

Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado. O delineamento para o experimento no qual se avaliou a respiração foi composto em um esquema fatorial $2 \times 2 \times 4 \times 2$, sendo duas cultivares, duas temperaturas de armazenamento (5°C e 15°C), quatro tempos após o processamento (1, 2, 3 e 4 horas) e duas formas de processamento (intacta e minimamente processada na forma palito). As características físico-químicas e bioquímicas foram avaliadas mediante um experimento conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial $2 \times 2 \times 4$, sendo duas cultivares (Asterix e Bintje) de batata minimamente processada na forma palito armazenadas em duas temperaturas (5°C e 15°C), avaliadas em quatro tempos (0, 3, 6 e 9 dias após o processamento), com três repetições.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Características da batata

No presente experimento, no qual trabalhou-se com o processamento mínimo de batata na forma de palito, utilizaram-se duas cultivares; o teor médio de matéria seca da 'Asterix' foi igual a 20,04% e o teor da 'Bintje' foi de 18,38%. Coelho (1998) observou valores mais baixos em relação aos encontrados no presente trabalho: a cultivar Baraka apresentou teor de matéria seca de 16,36% e a Achat, de 13,46%. O rendimento do material vegetal após o processamento foi maior para 'Asterix', 75,68%, do que para a 'Bintje', 66%.

5.2 Taxa respiratória

Para se conhecer melhor o comportamento fisiológico das batatas Asterix e Bintje, avaliou-se a respiração das duas cultivares na forma de batata palito minimamente processada (MP) e intacta, armazenadas sob diferentes temperaturas (5°C e 15°C) durante 4 horas. Os resultados encontrados estão na Tabela 1.

As cultivares Asterix e Bintje intactas tiveram o mesmo comportamento fisiológico, independente da temperatura de armazenamento. Porém, de maneira clara, diferenças foram percebidas entre batatas palito e intactas, e também diferenças no comportamento fisiológico entre as cultivares que passaram pelo processamento mínimo.

TABELA 1 Taxa respiratória (mL CO₂.kg⁻¹.h⁻¹) de batatas 'Asterix' e 'Bintje' intactas e na forma palito, armazenadas a 5°C e 15°C, por 4 horas.

Tratamentos	Médias
Asterix intacta 5°C	3.80233 a
Asterix intacta 15°C	3.81491 a
Bintje intacta 5°C	4.00475 a
Bintje intacta 15°C	4.24625 a
Asterix MP 5°C	14,1076 d
Asterix MP 15°C	15,4974 d
Bintje MP 5°C	8.25475 b
Bintje MP 15°C	12.3100 c

Médias seguidas de mesma letra são iguais entre si pelo teste de Scott-Knott (p<0.05).

Deve-se salientar que a batata 'Asterix' minimamente processada, armazenada a 5°C e 15°C apresentou maior taxa respiratória que a batata 'Bintje' minimamente processada, independente da temperatura de armazenamento, durante as primeiras 4 horas após o processamento. Mas, deve ser observado que o estudo foi realizado até 4 horas após o processamento e que, após esse período, pode ocorrer menor atividade respiratória devido à estabilização no metabolismo. Essa observação pode ser importante, pois maior atividade respiratória está relacionada diretamente à menor vida de prateleira, devido ao consumo das reservas energéticas. Visto que a matéria seca é um atributo importante para a qualidade da batata frita, pois um maior teor de matéria seca influencia na qualidade final do produto, conferindo-lhe menor absorção de óleo, quanto maior o teor de matéria seca, melhor rendimento de fritura apresentará o produto (Heemst, 1986; Manrique, 1989). É válido ressaltar que o teor de matéria seca da batata 'Bintje', obtido no experimento, 18,38%, foi menor que o da 'Asterix', 20,04%. Esse comportamento respiratório diferente entre as cultivares, talvez seja devido à diferença existente na quantidade matéria seca. De forma parecida, Moretti et al. (2002) observaram comportamento

diferente na taxa respiratória de diferentes cultivares de batata-doce, Brazilândia Branca e Princesa, minimamente processadas e armazenadas a 5°C.

Com o aumento da área de exposição dos tecidos injuriados, o ritmo respiratório aumenta várias vezes. A hidrólise do amido é aumentada e o ciclo de dos ácidos tricarboxílicos, bem como a cadeia de transporte dos elétrons, é ativado. O aumento da taxa respiratória é evidente após o efeito do processamento no tubérculo. Resultados semelhantes têm sido encontrados em estudos com frutas e hortaliças minimamente processadas de diversos outros autores (Burns, 1995; Chitarra, 2000; Gunes & Lee, 1997; Moretti et al., 2000, Watada, 1996).

5.3 Firmeza

A variável firmeza foi influenciada apenas pela interação entre os fatores temperatura e tempo de armazenamento, conforme pode ser observado na Figura 1.

A firmeza foi influenciada pela temperatura no 3º dia de armazenamento, quando batatas minimamente processadas armazenadas a 5°C mostraram-se menos firmes que aquelas armazenadas a 15°C.

Pode-se observar, na Figura 1, que, do tempo zero ao terceiro dia após o processamento, houve um aumento na firmeza da batata palito minimamente processada armazenada 15°C. A perda de água por transpiração pode ter levado a esse aumento. A retirada de água aumenta a firmeza do produto minimamente processado.

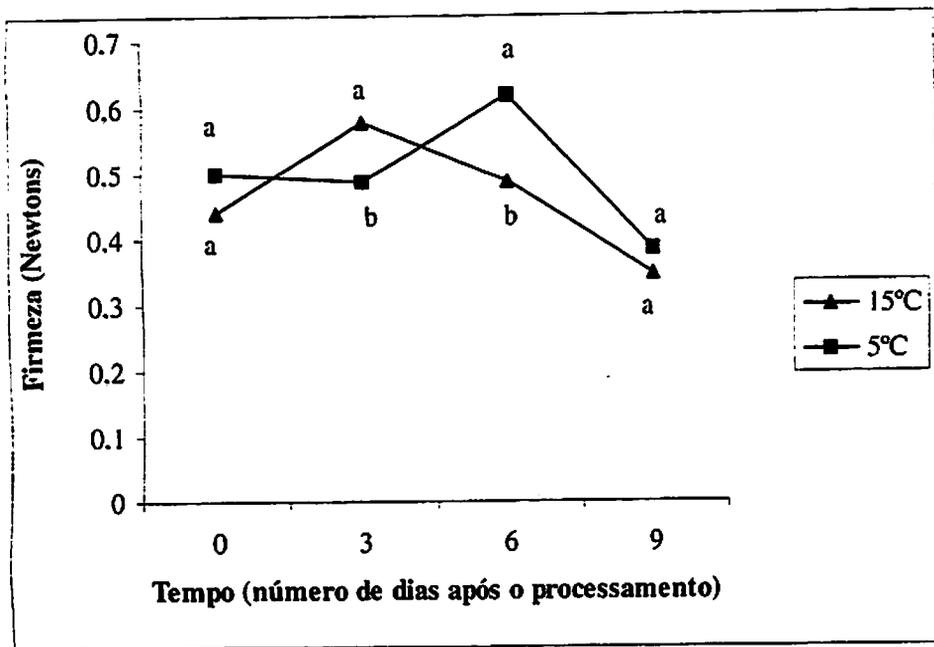


FIGURA 1 Firmeza (newtons) de batatas 'Asterix' e ' Bintje' minimamente processadas na forma de palito, armazenadas a 5°C e 15°C, por 9 dias. Médias seguidas da mesma letra no tempo (número de dias após o processamento) são iguais entre si, pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Porém, no tempo 6, houve uma queda na firmeza da batata palito armazenada a 15°C. Essa perda de firmeza pode estar relacionada com atuações de enzimas, tais como pectinases (pectinametilesterase e poligalacturonase - endo e exo PG), celulases e beta-galactosidases, que degradam a estrutura celular que é responsável pela firmeza do tecido vegetal em frutas e hortaliças (Chitarra, 2000). Coelho (1998), avaliando o comportamento de duas cultivares de batatas, Baraka e Achat, intactas, armazenadas à temperatura ambiente, observou que uma das cultivares apresentou menor atividade da enzima PME e maior textura, porém, a poligalacturonase não apresentou atividade. Esse mesmo

autor observou que não houve associação entre firmeza e pectina total e firmeza e solubilização de pectinas, avaliando o armazenamento das duas cultivares de batatas intactas armazenadas a 8°C em um período de 90 dias. Coelho (1998) sugeriu que as variações na firmeza podem estar relacionadas a fatores como certas frações de substâncias pécnicas ou mesmo à perda de turgor. Qi & Watada (1997), trabalhando com diversos produtos minimamente processados, que não batatas, armazenados a 5°C, observaram comportamento semelhante ao do estudo, no qual ocorreu uma queda na firmeza.

A firmeza não foi influenciada pelo tipo de cultivar utilizada no processamento, tendo as cultivares Asterix e Bintje apresentado, respectivamente, médias iguais, 0,467 e 0,494.

O armazenamento de produto minimamente processado a 5°C é o recomendado por Chitarra (2000). A firmeza é uma característica peculiar ao produto, que influencia no momento da compra pelo consumidor, que exige frutas e hortaliças com texturas firmes (Ministério da Integração Nacional, 1999).

5.4 Valor L*

O valor L* foi influenciado pela interação entre os fatores temperatura e tempo de armazenamento e pelo fator cultivar, isoladamente.

As médias dos valores L* de batatas 'Asterix' e 'Bintje' respectivamente, foram de 52,23 (b) e 54,61(a). Essa diferença de intensidade é uma característica específica de cada cultivar, visto que a cultivar Bintje é mais clara, apresentando maior valor L* que a batata 'Asterix'. O valor L* da batata minimamente processada a 5°C foi superior ao da armazenada a 15°C no 3º dia e inferior nos 6º e 9º dia de armazenamento (Figura 2).

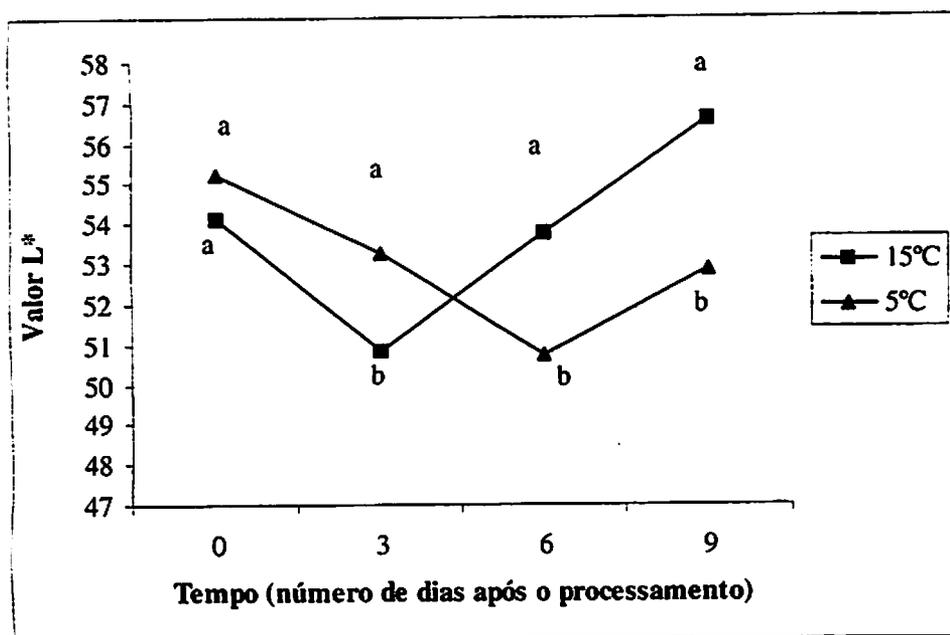


FIGURA 2 Valor L* de batatas 'Asterix' e 'Bintje' minimamente processadas na forma de palito, armazenadas a 5°C e 15°C, por 9 dias. Médias seguidas da mesma letra no tempo (número de dias após o processamento) são iguais entre si, pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Gunes & Lee (1997), estudando o efeito de diferentes antioxidantes, dentre eles o ácido cítrico, em batatas minimamente processadas, observaram que o valor L* do controle, sem uso de antioxidante, diminuiu durante o armazenamento por 13 dias a 2°C, com os valores de L* próximo a 65 no dia do processamento, ficando em torno de 40 no último tempo de armazenamento. Pôde-se observar que, no presente trabalho, houve uma diminuição menos acentuada do que aquela observada por Gunes & Lee (1997).

O valor L^* indica quão claro ou escuro é um produto. Logo, as batatas armazenadas a 15°C mostraram-se, objetivamente, mais claras que as armazenadas a 5°C, a partir do 6º dia de armazenamento.

Notaram-se, no terceiro dia de armazenamento pequenas pontuações escuras em algumas batatas palito para ambas as cultivares, sob as duas temperaturas de armazenamento. Essas pontuações permaneceram do mesmo tamanho durante todo o período de armazenamento. Porém, eram pontos que não se destacavam claramente no produto minimamente processado.

O valor L^* , para ambas as cultivares, não se apresentou como um fator limitante, porém, os pequenos pontos escuros, mesmo que de forma inexpressiva, podem comprometer a comercialização do produto, visto que sua manifestação já se deu no terceiro dia após o processamento mínimo.

5.5 Acidez titulável

A variável acidez titulável foi influenciada isoladamente, pelos fatores cultivar, temperatura e tempo de armazenamento.

Pode-se observar, na Figura 3, que a porcentagem de acidez titulável ficou estável até o 3º dia após o processamento. A partir do 3º dia, houve um aumento no teor de acidez titulável. Segundo Smith (1977), a concentração de ácido cítrico aumenta durante o processo de maturação da batata.

A cultivar Asterix apresentou uma média de 0,138% (a) de acidez titulável, ao passo que, na cultivar Bintje, a média foi de 0,105% (b) de acidez titulável. A maior porcentagem de acidez titulável na cultivar Asterix pode estar associada à maior quantidade de matéria seca, 20,04%, em comparação à 'Bintje', 18,38%.

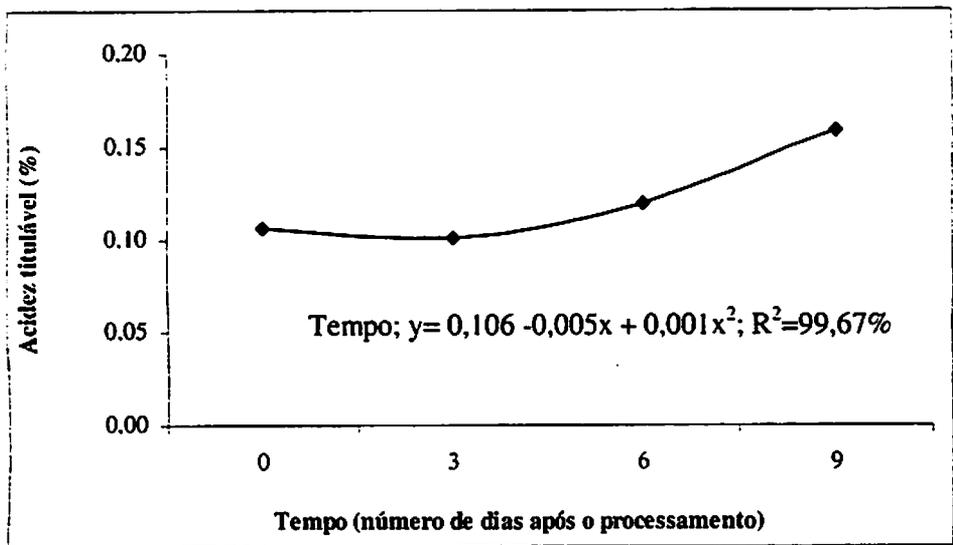


FIGURA 3 Acidez titulável média (%) de batatas ‘Asterix’ e ‘Bintje’ minimamente processadas na forma de palito, armazenadas a 5°C e 15°C, por 9 dias.

Os tubérculos minimamente processados armazenados a 5°C apresentaram, em média, 0,158% (a) de acidez titulável, estatisticamente superior à observada naqueles armazenados a 15°C que apresentaram 0,085% (b) de acidez titulável. Ácidos orgânicos são moléculas químicas que podem ser oxidadas na atividade respiratória, ou seja, maior temperatura durante o armazenamento aumenta a atividade respiratória, o que favorece o consumo mais rápido dos ácidos orgânicos, diminuindo seu teor no tubérculo.

5.6 Vitamina C

A variável vitamina C foi influenciada interativamente pelos fatores “cultivar e temperatura”, “cultivar e tempo” e “temperatura e tempo”. O efeito

interativo da temperatura e cultivar sobre os teores de vitamina C em batatas minimamente processadas é apresentado na Tabela 2.

TABELA 2 Vitamina C total (mg.100g de matéria fresca⁻¹) de batatas 'Asterix' e 'Bintje' minimamente processadas na forma de palito, armazenadas a 5°C e 15°C, por 9 dias

Temperatura	'Asterix'	'Bintje'
5°C	11,04 aB	18,99 aA
15°C	8,82 bB	12,44 bA

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas são iguais entre si, pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Fixando-se a temperatura em 5°C, tem-se que a cultivar Bintje apresentou uma média de 18,99mg vitamina C.100g matéria fresca⁻¹ (a), ao passo que o valor médio da cultivar Asterix foi de 11,04mg vitamina C .100g de matéria fresca⁻¹ (b). Aumentando-se a temperatura para 15°C, ambas as cultivares sofreram uma redução, de modo que a cultivar Bintje apresentou um valor médio de 12,44mg ácido ascórbico.100g de matéria fresca⁻¹ (a) e a cultivar Asterix apresentou 8,82mg ácido ascórbico.100g de matéria fresca⁻¹(b). É importante ressaltar que, para as duas temperaturas avaliadas, a cultivar Bintje apresentou maior teor de vitamina C. o que é uma característica peculiar desta cultivar. Zorella et al. (2003), avaliando teores de ácido ascórbico em diferentes cultivares de batata, observaram valores diferentes entre as cultivares estudadas. Os teores de ácido ascórbico encontrados no presente trabalho assemelham-se aos valores encontrados por Zorella et al. (2003). Embora a cultivar Bintje tenha apresentado maior teor de vitamina C que a 'Asterix' ao longo do armazenamento, a taxa de degradação foi mais severa na primeira cultivar.

Independente da cultivar, pôde-se observar que a batata minimamente processada armazenada a 15°C apresentou, estatisticamente, menores valores de ácido ascórbico que o tubérculo armazenado a 5°C. Segundo Lee & Kader (2000), o aumento da temperatura favorece a redução do teor de ácido ascórbico em frutas e hortaliças. Kader & Morris (1978) observaram que o atraso de 24 horas entre a colheita e o resfriamento acarreta em uma perda de 5% a 12% de vitamina C em tomate. Zeeplin & Elvenhjein (1994) constataram que hortaliças folhosas armazenadas a 6°C perdem 10% do seu teor de ácido ascórbico em 6 dias, enquanto que aquelas armazenadas à temperatura ambiente perdem 20% em apenas 2 dias. Perdas de vitamina C foram aceleradas em couve armazenada à alta temperatura. Resultados similares foram constatados em espinafre e repolho (Lee & Kader, 2000).

Pode-se notar que, levando-se em conta a variável em questão, o armazenamento da batata minimamente processada a 5°C é preferível em relação ao armazenamento a 15°C, pois ocorreu menor degradação do ácido ascórbico. Essa observação é muito importante, considerando-se a função biológica que a vitamina C exerce sobre o metabolismo humano. Outro detalhe a ser observado é que a cultivar Bintje sempre apresentou maior teor de ácido ascórbico que a cultivar Asterix.

Analisando-se o efeito da temperatura sobre a vitamina C, ao longo do tempo (Figura 4), observou-se que os seus teores na batata minimamente processada armazenada a 5°C foram superiores aos da armazenada a 15°C.

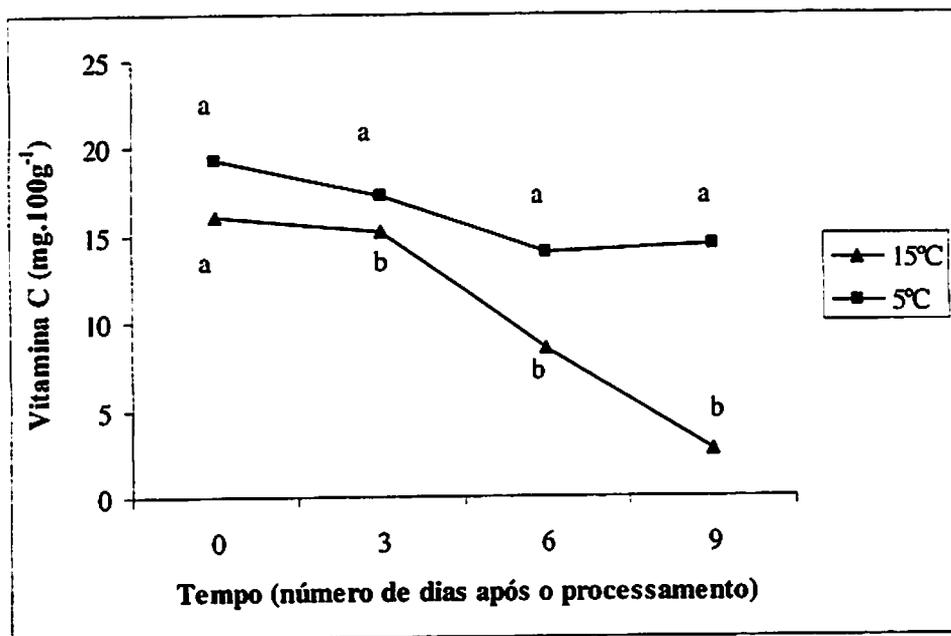


FIGURA 4 Vitamina C total (mg.100g⁻¹) de batatas minimamente processadas na forma de palito, armazenadas a 5°C e 15°C, por 9 dias. Médias seguidas da mesma letra no tempo (número de dias após o processamento) são iguais entre si, pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

A redução mais marcante foi observada nos produtos armazenados a 15°C, em comparação aos armazenados a 5°C. Este fato é confirmado principalmente ao compararem-se as médias no último tempo, quando a batata minimamente processada armazenada a 15°C apresentou um valor mais baixo de vitamina C que a batata armazenada a 5°C. Isso sugere, mais uma vez, que a batata minimamente processada não deve ser armazenada sob a temperatura de 15°C, na qual ocorre uma alta degradação do teor de ácido ascórbico. Coelho (1998), observando o comportamento, durante 90 dias, de duas cultivares de batatas intactas armazenadas 8°C, verificou uma diminuição no teor de vitamina

C para as duas cultivares, Baraka e Achat, no decorrer do armazenamento, assim como o ocorrido no presente trabalho.

A cultivar Bintje apresentou valores médios de vitamina C superiores ao da cultivar Asterix até o 6º dia; no 9º dia de armazenamento, os valores para ambas as cultivares foram semelhantes (Figura 5).

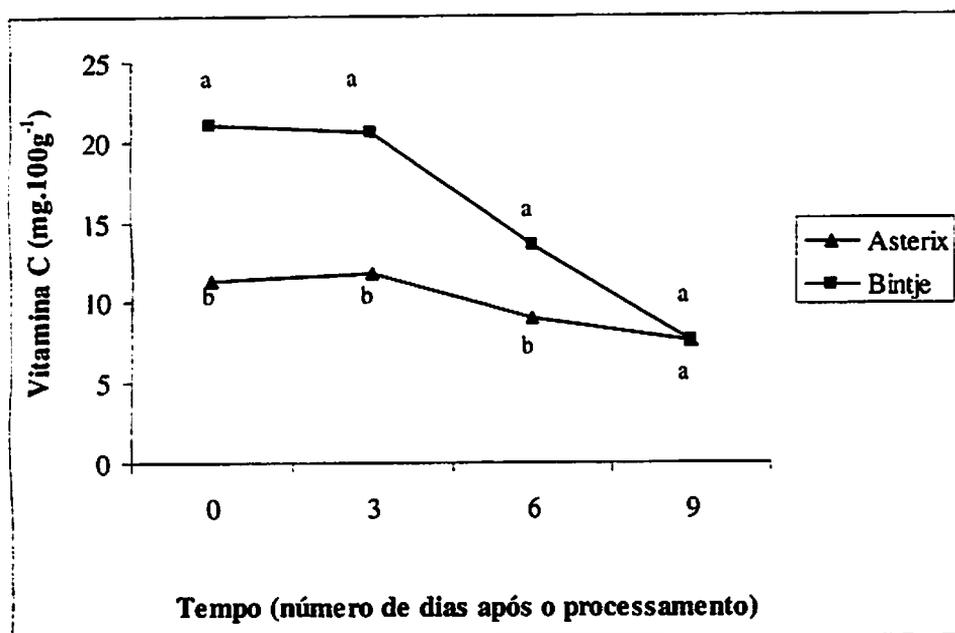


FIGURA 5 Vitamina C total (mg.100g⁻¹) de batatas ‘Asterix’ e ‘Bintje’ minimamente processadas na forma de palito, armazenadas por 9 dias. Médias seguidas da mesma letra no tempo (número de dias após o processamento) são iguais entre si, pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Importante ressaltar que, em ambas as cultivares, o armazenamento determinou redução nos teores de vitamina C, porém, essa diferença entre as

respostas das cultivares tende a diminuir ao longo do tempo. Este fato é notório ao comparar as respostas de cada cultivar no tempo inicial e tempo final.

Segundo Lee & Kader (2000), a injúria mecânica aumenta a perda de ácido ascórbico em frutas e hortaliças. Moretti et al. (1998), investigando a composição química do pericarpo e do tecido locular do tomate, observaram uma diminuição de 15% no teor de vitamina C no fruto injuriado em relação ao fruto que não sofreu dano. Barry-Rayn & O'Beirne (1999) constataram que o método de processamento também afeta a retenção de vitamina C no produto vegetal.

5.7 Açúcares totais e amido

Observou-se interação tripla entre os fatores cultivar, temperatura e tempo de armazenamento, sobre a variável açúcares totais (Figura 6).

As cultivares Asterix e Bintje armazenadas a 5°C apresentaram menor porcentagem de açúcares totais que os armazenados a 15°C, aos 0 e 3 dias de armazenamento. Não se observou efeito da temperatura sobre o teor desta variável, para a cultivar Bintje, no 6° e no 9° dias de armazenamento. Entretanto, a temperatura de 5°C determinou maior acúmulo de açúcares totais, para Asterix, no 6° e no 9° dias de armazenamento (Figura 6). O'Donoghue et al. (1995) observaram o efeito da baixa temperatura sobre a senescência das membranas do amiloplasto da batata e sugeriram que isto pode estar relacionado com o fenômeno do adoçamento em baixa temperatura. Isherwood (1976) verificou comportamento parecido, pois as membranas do amiloplasto tornaram-se mais frágeis quando expostas a baixas temperaturas.

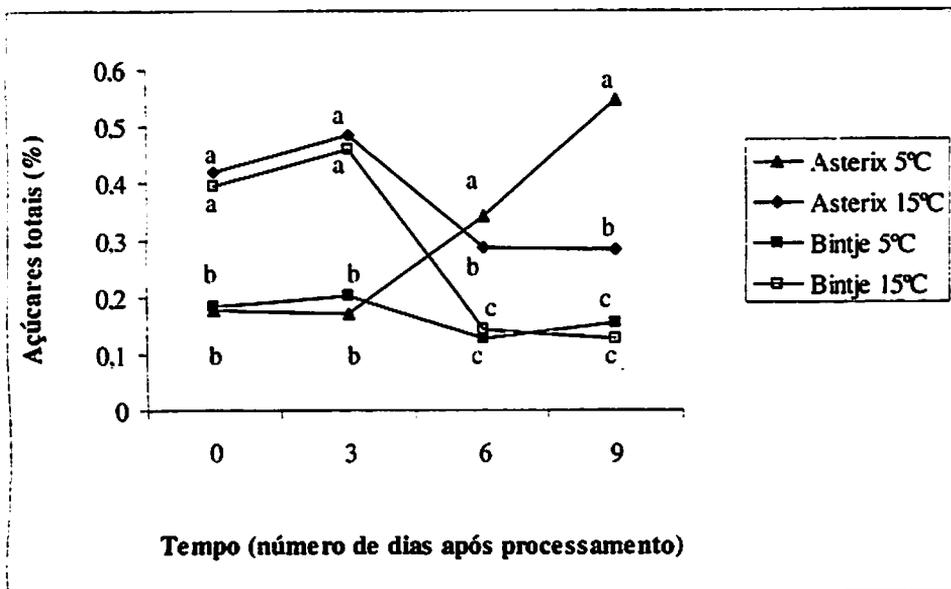


FIGURA 6 Açúcares totais (%) de batatas 'Asterix' e 'Bintje' minimamente processadas na forma de palito, armazenadas a 5°C e 15°C, por 9 dias. Médias seguidas da mesma letra no tempo (número de dias após o processamento) são iguais entre si, pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Segundo Kader (2002), o ideal é armazenar a batata sob a temperatura de 10°C a 15°C. A temperatura afeta o equilíbrio do balanço amido/açúcar em batata. Temperaturas de armazenamento inferiores a 10°C favorecem o acúmulo de açúcares solúveis, em detrimento do acúmulo de amido durante o armazenamento (Fontes & Finger, 1997). Em batata, o acúmulo de açúcares solúveis é indesejável, pois causa o escurecimento não enzimático dos produtos durante a fritura, devido às reações entre aminoácidos e açúcares (Fontes & Finger, 1997). Para Vendrusculo (1998), o limite estabelecido na literatura quanto ao teor de açúcares redutores para tubérculos para fritura é quase consensual, em torno de 0,2% a 0,3% com base na matéria fresca, sendo que



açúcares totais presentes na batata, pois o de teor açúcares totais para ambos os cultivares ficou entre 0,134% a 0,472% do peso fresco. É provável que o aumento do teor de amido tenha ocorrido devido à perda de água do produto durante o período de armazenamento.

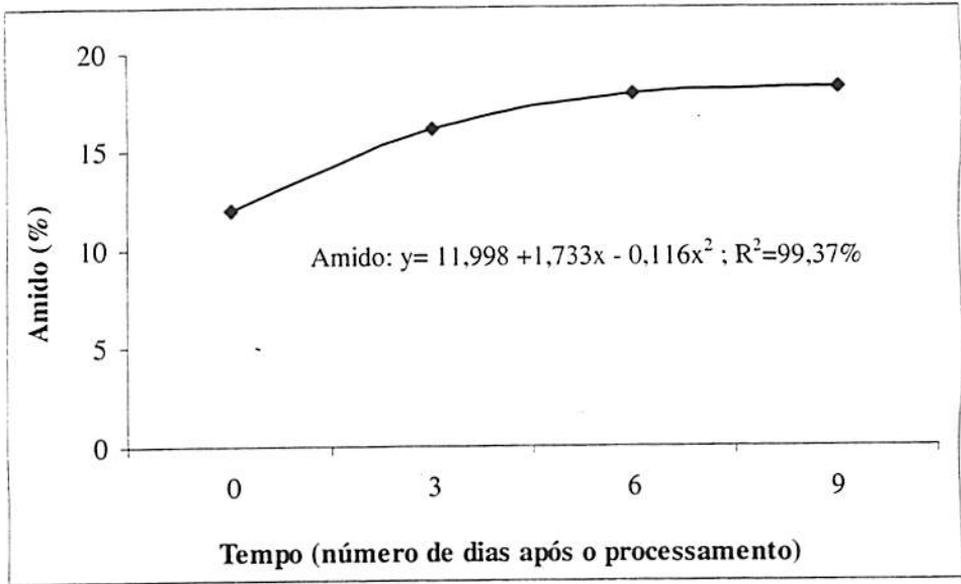


FIGURA 7 Amido (%) de batatas 'Asterix' e 'Bintje' minimamente processadas na forma de palito, armazenadas a 5°C e 15°C, por 9 dias.

5.8 Polifenoloxidase

Verificou-se a interação tripla entre as cultivares, temperatura e tempo de armazenamento sobre a atividade da polifenoloxidase (Figura 8).

A atividade da polifenoloxidase apresentou-se instável durante o armazenamento a 15°C para as cultivares Asterix e Bintje minimamente

processadas, porém, para as duas cultivares, a atividade enzimática foi a menor no 9º dia do armazenamento (Figura 8).

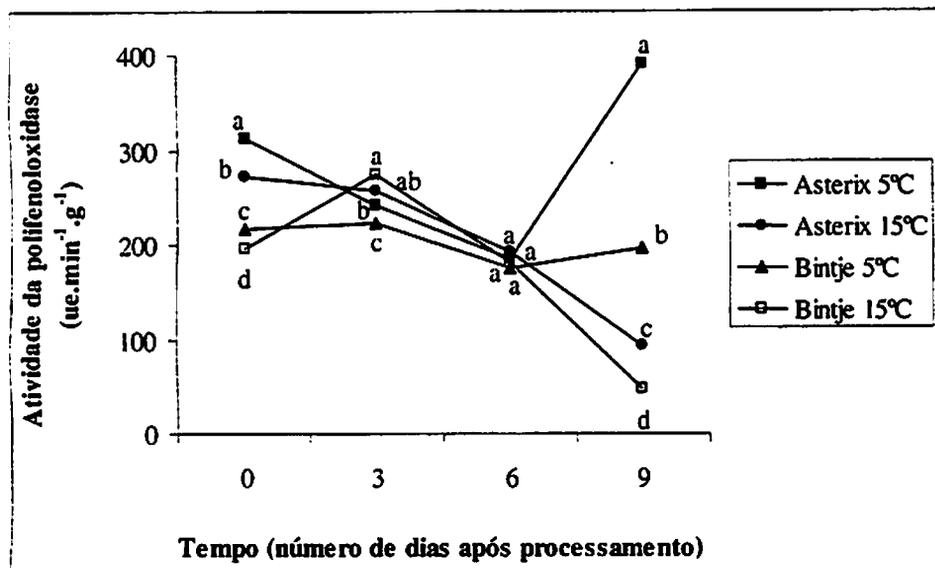


FIGURA 8 Atividade da polifenoloxidase ($\text{ue}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) de batatas 'Asterix' e 'Bintje' minimamente processadas na forma de palito, armazenadas a 5° e 15°C, por 9 dias. Médias seguidas da mesma letra no tempo (número de dias após o processamento) são iguais entre si, pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

A redução observada nas duas cultivares talvez tenha ocorrido em função da modificação atmosférica ocorrida dentro da embalagem, como resultado da respiração da batata minimamente processada. Belknap et al. (1994) relataram que a atividade da polifenoloxidase diminuiu com o abaixamento da concentração de oxigênio. O escurecimento enzimático pode ser retardado (na presença do substrato e da enzima ativa) se o oxigênio não for disponível para a reação acontecer (Garcia & Barrett, 2002).

Conforme os resultados obtidos, de acordo com o estudo do comportamento fisiológico da batata minimamente processada, a atividade respiratória da batata para ambas as cultivares foi expressivamente maior a 15°C do que a 5°C. Respiração mais elevada representa maior consumo de oxigênio dentro da embalagem, o que pode ter influenciado na diminuição da atividade da polifenoloxidase.

A atividade da polifenoloxidase na cultivar Bintje não foi a maior em nenhum dos dias durante o armazenamento a 5°C, inclusive, apresentando os menores valores nos 3º e 6º dias após o processamento e intermediários no dia do processamento e último do armazenamento. Porém, para a cultivar Asterix, a atividade enzimática foi a maior, dentre os tratamentos, no dia do processamento e no último dia de armazenamento e intermediária nos demais dias. Talvez, o uso da baixa temperatura tenha afetado apenas a atividade da polifenoloxidase na cultivar Bintje minimamente processada armazenada a 5°C.

Observando-se os valores da atividade da polifenoloxidase, pode-se observar que há variação na atividade da enzima nas diferentes cultivares, mas não é possível afirmar que uma cultivar apresentou sempre maior atividade da polifenoloxidase. Zorzella et al. (2003), em um trabalho de caracterização física, química e sensorial de genótipos da batata processados na forma chips, observaram também diferenças na atividade enzimática da polifenoloxidase em diferentes cultivares. Os valores observados por Zorzella et al. (2003) são semelhantes aos verificados no presente trabalho.

Matilla et al. (1993) avaliaram a susceptibilidade de três variedades de batatas, dentre elas a cultivar Bintje, em relação à atividade enzimática da polifenoloxidase. A batata 'Bintje' apresentou a menor atividade enzimática dentre os tubérculos avaliados e, quanto mais longo era o período de armazenamento, maior era a atividade da polifenoloxidase.

5.9 Peroxidase

A variável peroxidase foi influenciada pela interação tripla entre as cultivares, temperatura e tempo de armazenamento (Figura 9).

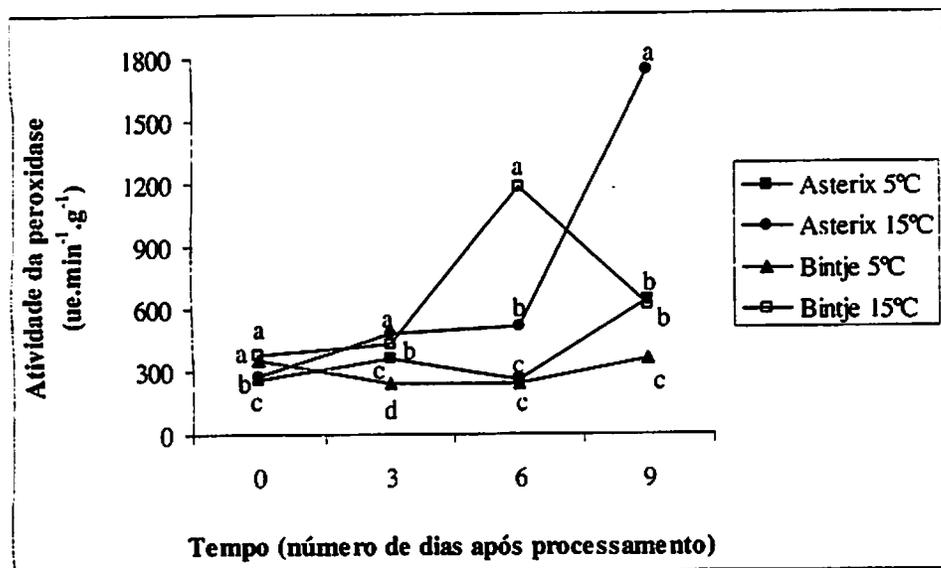


FIGURA 9 Atividade da peroxidase ($ue \cdot min^{-1} \cdot g^{-1}$) de batatas 'Asterix' e 'Bintje' minimamente processadas na forma de palito, armazenadas a 5°C e 15°C, por 9 dias. Médias seguidas da mesma letra no tempo (número de dias após o processamento) são iguais entre si, pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Os valores da atividade da peroxidase sempre foram os maiores para as duas cultivares, quando armazenados a 15°C. A cultivar Bintje apresentou maior atividade da peroxidase no dia do processamento e no 6º dia de armazenamento e a 'Asterix' apresentou os maiores valores no 3º e 9º dias de armazenamento (Figura 8).

A atividade enzimática da peroxidase parece não ter sido afetada pela modificação atmosférica na embalagem, causada pela respiração do tubérculo minimamente processado, pois, sob a temperatura de 15°C, para ambas as cultivares, a atividade da peroxidase aumentou.

A cultivar Bintje armazenada a 5°C apresentou os menores valores da atividade da peroxidase a partir do 3º dia após o processamento. De maneira semelhante, o comportamento da peroxidase na cultivar Asterix foi o mais baixo no dia do processamento e no 6º dia de armazenamento, com valores intermediários para os demais dias. A temperatura de 5°C influenciou na atividade da peroxidase, pois os menores valores foram encontrados nessa temperatura, independente do cultivar.

Para a atividade da peroxidase, a temperatura mais baixa de armazenamento, 5°C, deixou o metabolismo da enzima menos intenso durante todo o período de armazenamento.

Analisando-se os valores da atividade enzimática, pode-se observar que há variação na atividade da enzima nas diferentes cultivares, mas não é possível afirmar que uma cultivar apresentou sempre maior atividade da peroxidase. Zorzella et al. (2003), em um trabalho onde foi feita a caracterização física, química e sensorial de genótipos da batata processados na forma chips, observaram valores mais baixos para a atividade da peroxidase em várias cultivares em relação aos valores encontrados no presente trabalho.

6 CONCLUSÕES

Sob as condições experimentais em que se realizaram os estudos, pode-se concluir que:

- o armazenamento sob a temperatura de 15°C para qualquer uma das cultivares, Asterix e/ou Bintje, é inviável a partir do terceiro dia de armazenamento, devido ao acúmulo de água na embalagem, formação de pequenas pontuações escuras na batata palito e a formação de odores fétidos no interior da embalagem, o que deprecia de maneira clara e direta a qualidade do produto destinado à comercialização;
- apenas o uso de vácuo parcial e baixa temperatura, 5°C, não foi eficiente para evitar a formação de pequenas pontuações escuras na batata minimamente processada na forma palito para ambas as cultivares;
- a cultivar Bintje armazenada a 5°C apresentou menores teores de açúcares totais em todos os tempos de armazenamento, de maneira geral, quando comparados com os teores observados a 15°C;
- o teor de vitamina C diminui com o decorrer do tempo, independente da cultivar, com maior intensidade para a batata minimamente processada armazenada a 15°C.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRIANUAL. **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: Editora FNP Consultoria e Agroinformativo, 2004. p. 168.
- BARRY-RYAN, C.; O'BEIRNE, D. Ascorbic acid retention in shredded iceberg lettuce as affected by minimal processing. **Journal of food Science**, Chicago, v. 64, n. 3, p. 498-500, May/June 1999.
- BORGSTROM, G. **Principles of food Science**. 2. ed. Connecticut: Food and nutrition Press, 1976. v. 1, 397 p.
- BELKNAP, W. R.; VAYDA, M. E.; PARK, W. D. **The molecular and cellular biology of the potato**. 2. ed. CAB International, 1994. p. 515-153.
- BERBARI, S. A. G.; AGUIRRE, J. M. Alternativa para o aproveitamento de Batata. **Batata Show**, São Paulo, v. 2, n. 4, p. 27, 2002.
- BURNS, K. J. Lightly processed fruits and vegetables: introduction to the colloquium. **HortScience**, Alexandria, v. 30, n 1, p. 14-17, Feb. 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**, Washington, v. 50, n. 8, p. 3015-3023, Apr. 2002.
- CHITARRA, M. I. F. **Processamento mínimo de frutos e hortaliças**. Lavras, MG: UFLA/FAEPE, 2000. 113 p.
- COELHO, A. H. R. **Alterações químicas e qualidade de fritura de duas cultivares de batata (*Solanum tuberosum* L.) armazenadas em atmosfera modificada em temperatura ambiente e sob refrigeração**. 1998. 145 p. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 28, n. 3, p. 350-356, 1956.

DUNFORD, H. B.; STILLMAN, J. S. On the function and mechanism of action of peroxidases. **Coordination Chemistry Reviews**, Lausane, v. 19, n. 3, 187-251, 1976.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa e Hortaliça. **Laboratório de pós-colheita**. Desenvolvida por Adonai Gimenez Calbo & Celso Luiz Moretti. Apresenta informações sobre penetrômetro a gás para medir firmeza de frutos. Disponível em: <<http://www.cnph.embrapa.br/laboratorio/pos-colheita/penetrometro.htm>>. Acesso em: 30 mar. 2004.

FERHMAN, H.; DIAMOND, A. E. Peroxidase activity and phytophthora resistance in different organs of potato plant. **Phytopathology**, Lancaster, v. 57, n. 1, p. 69-72, Jan. 1967.

FONTES, P. C. R.; FINGER, F. L. **Pós-colheita do tubérculo de batata**. Viçosa, MG: Imprensa Universitária da UFV, 1997. 32 p.

GARCIA, E.; BARRETT, D. M. Preservative treatments for fresh-cut fruits and vegetables. In: LAMIKANRA, O. **Fresh-cut fruits and vegetable**. Florida: CRC PRESS, 2002. p. 268-303.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 14. ed. Piracicaba: ESALQ/USP, 2000.

GUNES, G.; LEE, C. Y. Color of minimally processed potatoes as affected by modified atmosphere packaging and antibrowning agents. **Journal of Food Science**, Chicago v. 62, n. 3, p. 572-575, May/June 1997.

HEEMST, H. D. J. van. The distribution of dry matter during growth of potato crop. **Potato Research**, Wageningen, v. 29, 0. 1, p. 55-66, Mar. 1986.

ISHERWOOD, F. A. Starch-sugar interconversion in *Solanum tuberosum*. **Phytochemistry**. Oxford, v. 15, n. 1, p. 33-41, Jan. 1976.

KADER, A. A. Postharvest biology and technology: an overview. In: KADER, A. A. **Postharvest technology of horticultural crops**. California: University of California and Natural Resources, 2002. p. 39-47.

- LAURILA, E. K.; KERVINEN, R.; AHVENAINEN, R. **The inhibition of enzymatic browning in minimally processed vegetables and fruits.** VTT Biotechnology and Food Research. Finland, 2002. Disponível em: <<http://hort.cabweb.org/Postharv/Reviews/Laurila.htm>>. Acesso em 2004.
- LEE, S. K.; KADER, A. A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 20, n. 2, p. 207-220, June 2000.
- LÓPEZ-SERRANO, M.; RÓS-BARCELO, A. Peroxidase in unripe and processing strawberries. **Food Chemistry**, Oxford, v. 52, n. 2, p. 157-160, 1995
- MARTINEZ, M. V.; WHITAKER, J. R. The biochemistry and control of enzymatic browning. **Trends in Food Science & Technology**, Oxford, v. 6, n. 6, p. 195-200, June 1995.
- MATHEIS, G. Polyphenol oxidase and enzymatic browning of potatoes. Properties of potato polyphenol oxidase. **Chemische Mikrobiologie Lebensmittel**, Stuttgart, v. 11, p. 5-12, 1987.
- MELO, P. E. Cultivares de batata potencialmente úteis para processamento na forma de fritura no Brasil e manejo para obtenção de tubérculos adequados. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 197, p. 112-119, mar./abr. 1999.
- MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. A importância dos pré-processados. **Fruitsfatos**, Piracicaba, v. 1, n. 1, p. 16-18, 1999.
- MORETTI, C. L.; SARGENTE, S. A.; HUBER, D.; CALBO, A. G.; PUSCHMAN, R. Chemical composition and physical properties of pericarp, locule, and placental tissues of tomatoes with international bruising. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 123, n. 4, p. 656-660, July 1998.
- MORETTI, C. L.; SILVA, W. L. C.; ARAÚJO, A. L. Q 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, v. 113, p. 156-159, 2000.
- O'DONOGHUE, E. P.; YADA, R. Y.; MARANGONI, A. G. Low temperature sweetening in potato tubers: the role of the amyloplast membrane. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 145, n. 3, p. 335-341, Feb. 1995.

PONTING, J. D.; JOSLYN, M. A. Ascorbic acid and browning in apple tissue extracts. **Archives of Biochemistry**, New York, v. 19, n. 1, p. 47-63, 1948.

QI, L.; WATADA, A. E. Quality changes of fresh-cut fruits in CA estorage. In: **INTERNATIONAL CONTROLLED ATMOSPHERE CONFERENCE**, 7., 1997, Davis, CA. **Proceedings...** Davis, CA. 1997. v. 5, p. 116-120.

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

SILVA, D. J. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 2. ed. Viçosa, MG: Imprensa Universitária, 1990. 165 p.

SMITH, O. **Potatoes: production, storing, processing**. Westport, Connecticut: The Avi Publishing Company, 1977. p. 77-121.

SUBRAMANIAN, N.; VENKATESH, P.; GANGULI, S.; SINKAR, V. P. Role of poliphenol oxidase and peroxidase in the generation of black tea theaflavins. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v. 47, n. 7, p. 2571-2578, July 1999.

TAKANO, K. Batata frita congelada: questão de tempo. **Batata Show**, São Paulo, v. 1, n. 3, p. 11, set. 2001.

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

VENDRUSCOLO, J. L. **Avaliação e melhoria das qualidades tecnológicas e sensoriais de genótipos de batata (*Solanum tuberosum* L.) para a industrialização e consumo de mesa**. Pelotas: CPTA/EMBRAPA, 1998. 6 p. (Subprojeto de pesquisa nº 0. 5. 0. 99. 080. 05. sistema Embrapa de Planejamento).

WATADA, A. E.; KO, N. P.; MINOTT, D. A. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 9, n. 2, p. 115-125, May 1996.

ZORZELLA, C. A.; VENDRUSCOLO, J. L. S.; TREPTOW, R. O.; ALMEIDA, T. L. Caracterização física, química e sensorial de genótipos de batata processados na forma chips de chips. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 6, n. 1, p. 15-24, Jan./June 2003.

CAPÍTULO 3

AVALIAÇÃO DO ESCURECIMENTO ENZIMÁTICO DE BATATAS PALITO MINIMAMENTE PROCESSADAS, TRATADAS COM ANTIOXIDANTES

1 RESUMO

Almeida, Gustavo Costa de. **Avaliação do escurecimento enzimático de batatas palito minimamente processadas, tratadas com antioxidantes.** 2005. 119p. Dissertação (Mestrado Ciências dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

Um dos grandes desafios no processamento mínimo da batata é o de evitar o escurecimento enzimático, o que deprecia a qualidade do produto, dificultando a sua comercialização. Esse escurecimento ocorre devido à ação de enzimas, sendo a mais importante a polifenoloxidase. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do uso de substâncias antioxidantes no comportamento químico e bioquímico de batata 'Bintje'. Foi analisada a eficiência de compostos antioxidantes, ácido cítrico a 2% e ácido eritórbico a 3%, na redução do escurecimento enzimático de batata 'Bintje' minimamente processada na forma palito, armazenada durante 9 dias a 5°C. Foram avaliadas as variáveis firmeza, intensidade da cor, atividade da polifenoloxidase e peroxidase, açúcares totais, amido, vitamina C e acidez titulável. O trabalho foi realizado no Laboratório de Pós-Colheita da Embrapa no Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças, CNPH, em Brasília no ano de 2004. O ácido cítrico a 2% e o ácido eritórbico a 3% foram eficientes no controle do escurecimento enzimático da batata palito. A enzima polifenoloxidase parece estar relacionada com o escurecimento enzimático em batatas minimamente processadas, pois a sua atividade foi significativamente reduzida. O ácido eritórbico a 3% parece ter induzido a síntese de ácido ascórbico durante o armazenamento.

* Comitê orientador: Eduardo Valério de Barros Vilas Boas - UFLA (Orientador); Celso Luiz Moretti - EMBRAPA (Co-orientador).

2 ABSTRACT

Almeida, Gustavo Costa de. **Evaluation of the enzymatic browning of fresh-cut potatoes strips treated with antibrowning agents.** 2005. 119p. Dissertation (Master in Food Science) - Federal University of Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brazil.*

One of the biggest challenges in minimal processing of potatoes is the enzymatic browning that depreciates quality of the product. This browning happens due to the action of enzymes, and the most important is the polyphenoloxidase. This work had the purpose of evaluating the efficiency of antibrowning agents in the chemical and biochemical behaviour of 'Bintje' potato. It was analysed the efficiency of antibrowning compounds, citric acid at 2% and erythorbic acid at 3%, in decreasing of the enzymatic browning of fresh-cut 'Bintje' potatoes strips stored for 9 days at 5°C. It was evaluated firmness, colour intensity, activity of peroxidase and polyphenoloxidase, titratable acidity, total sugars, starch and vitamin C. The work was carried out in Post-Harvest Laboratory of EMBRAPA in Research National Center of Vegetables, in Brasilia, Brazil, in 2004. The citric acid at 2% and the erythorbic acid at 3% were efficient in controlling the enzymatic browning of fresh-cut potato. The polyphenoloxidase enzyme seems to be related to the enzymatic browning in fresh-cut potatoes, since its activity was deeply reduced. The erythorbic acid at 3% seemed have induced the synthesis of ascorbic acid over the storage period.

* Guidance committee: Eduardo Valério de Barros Vilas Boas - UFLA (Adviser); Celso Luiz Moretti - EMBRAPA (Co-adviser).

3 INTRODUÇÃO

Os consumidores têm buscado, cada vez mais, conveniência no consumo de frutas e hortaliças devido a diversos fatores, tais como pouco tempo para o preparo de uma refeição, menor participação da mulher no preparo da alimentação e a busca de refeições em porções adequadas, evitando assim a sobra de alimentos. Devido a essas transformações, o produto minimamente processado tem ganhado espaço nas gôndolas dos supermercados, em redes de “fast-food” e em restaurantes de cozinhas industriais.

A batata encontra-se presente em quase todos os lares brasileiros, porém, é um alimento que apresenta pouca conveniência no preparo das refeições, devido à sua necessidade de descascamento e fatiamento. No Brasil, é a hortaliça de maior importância comercial (Reis Júnior & Fontes, 1996). A batata minimamente processada na forma de palito apresenta conveniência no seu consumo, além de manter o estado de frescor. A intenção do seu fornecimento é propiciar ao consumidor um produto que não requeira nenhum tipo de pré-preparação, tais como seleção, limpeza, descascamento e corte, ou seja, fornecer um produto 100% aproveitável.

A Associação Brasileira da Batata constatou, em 2002, em uma pesquisa realizada com 302 consumidores, que 82% dos entrevistados preferem batatas frescas, que incluem batatas minimamente processadas, a batata pré-frita congelada (Berbari et al., 2002). Além disso, o custo para a montagem de uma unidade de processamento de batata minimamente processada é menor em relação à batata pré-frita congelada e que também requer menor temperatura de armazenamento, -18°C. Com uma tecnologia adequada para o processamento mínimo da batata, o Brasil poderá reduzir a quantidade de importação de batata pré-frita congelada, em um mercado que cresce 5% ao ano (Takano, 2001).

A cultivar ideal para a batata frita é aquela que apresenta um teor de matéria seca em torno de 19% e baixo teor de açúcares redutores, por volta de 0,2% a 0,3% (Vendrusculo, 1998).

O processamento mínimo da batata torna esse produto mais perecível, logo o tubérculo processado precisa ser preservado do escurecimento enzimático, da perda de água e do crescimento microbiano. A descompartimentalização da estrutura celular leva a um contato imediato da enzima com o substrato, o que torna o escurecimento enzimático mais rápido, que é uma alteração indesejável sob o ponto de vista comercial.

Os fatores mais importantes na determinação do grau de escurecimento enzimático em frutas e hortaliças são a concentração enzimática ativa, os compostos fenólicos presentes, o pH, a temperatura e a concentração de oxigênio no tecido (Laurila et al., 2002). Polifenoloxidase e peroxidase, encontradas em muitos frutos e hortaliças, são responsáveis pelo escurecimento enzimático de produtos frescos, que sofreram escoriações, cortes ou outros danos à parede celular (Martinez & Whitaker, 1995; Burns, 1995).

O controle do escurecimento enzimático em hortaliças e frutas minimamente processadas tem recebido a atenção dos pesquisadores, por causa de sua importância no processamento industrial de alimentos. Historicamente, o escurecimento enzimático tem sido controlado pela aplicação de sulfitos (Laurila et al., 2002), os quais são altamente eficientes no controle enzimático de batatas pré-descascadas. Por causa de seus efeitos adversos à saúde, o uso de sulfitos para esse propósito tem sido criticado. Diversos substitutos de sulfitos, principalmente formulações de ácido ascórbico ou ácido eritórbico em combinação com ácido cítrico, fosfatos e conservantes, têm sido testados, mas esses não são eficientes como os sulfitos e alternativas para o controle do escurecimento em batatas processadas ainda precisam ser testadas (Sapers & Miller, 1995).

O escurecimento de batatas processadas começa a ocorrer depois que todo o ácido ascórbico foi oxidado (Smith, 1977). Acredita-se que a polifenoloxidase seja a enzima mais importantes envolvida no escurecimento de batata.

O ácido cítrico atua como agente quelante e acidulante, ambos inibidores da polifenoloxidase (Laurila et al., 2002) e é o principal ácido orgânico de frutas e hortaliças (Wiley, 1994; Gardner, 1966). O ácido cítrico reduz o pH quelando o cobre no sítio ativo da polifenoloxidase, inativando a enzima. Gunes & Lee (1997) observaram que a mistura de 0,5% de L-cisteína e 2% de ácido cítrico foi o melhor resultado em relação ao valor L* (brilho) em batata descascada por abrasão e embaladas em atmosfera modificada quando comparada ao uso de outras substâncias antioxidantes.

Segundo Langdon (1987), batatas foram fatiadas e mergulhadas durante 1 minuto em solução contendo 0,3%, 0,5% ou 1% de ácido cítrico em combinação com ácido ascórbico e depois embaladas em polietileno. Após 14 e 20 dias, as batatas tratadas com esta solução apresentavam aparência, cheiro e textura de batatas frescas fatiadas. Gardner (1991), avaliando batatas descascadas tratadas com uma solução de 1,08g de ácido cítrico e 1,08g de ácido ascórbico em 100mL de água (partes por peso) e embaladas em polietileno armazenando a 0 e 4°C, obteve bons resultados. A vida de prateleira baseada na cor do produto foi de 12 dias, apresentando um odor característico de produto fresco. Após a abertura da embalagem, a batata manteve sua coloração normal por 7 horas em atmosfera natural. Laurila et al. (1998), estudando três diferentes cultivares (uma delas era a 'Bintje'), observaram boa qualidade visual para batatas fatiadas mergulhadas em soluções com concentração de 0,1% de ácido cítrico 0,5% de ácido ascórbico e com uma mistura de 20% de CO₂ + 80% N₂ na embalagem.

O ácido eritórbico (AE) é um isômero do ácido ascórbico, que apresenta propriedades semelhantes, embora não tenha atividade de vitamina C. Esse composto chega a ser até cinco vezes mais barato que o ácido ascórbico. O ácido eritórbico tem sido usado como inibidor do escurecimento enzimático em combinação com o ácido ascórbico ou cítrico para batatas fatiadas e para batatas inteiras descascadas por abrasão. Santerre et al. (1991) retiraram a casca da batata por abrasão, deixando-a inteira e mergulharam o tubérculo em uma solução contendo 3% de ácido eritórbico, armazenando-a em embalagem plástica a 3,8°C. As batatas mergulhadas na solução de AE apresentaram claridade igual ou maior do que batatas com 2.000ppm de sulfito.

O objetivo deste trabalho foi o de avaliar as características químicas, bioquímicas e físicas da batata minimamente processadas, submetidas ao tratamento com compostos antioxidantes, sob armazenamento refrigerado.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Matéria-prima

Os tubérculos de batata (*Solanum tuberosum* L.) da cultivar Bintje foram obtidos no comércio de Brasília, no ponto ótimo de colheita. O experimento foi realizado no Laboratório de Pós-Colheita do Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças (CNPH) (Embrapa Distrito Federal, no ano de 2004 (Embrapa, 2004))

4.2 Processamento mínimo

Os tubérculos foram selecionados quanto à presença de danos mecânicos, tamanhos (próximos a 10cm) e diâmetro. Após a seleção, os tubérculos foram lavados, sanitificados com hipoclorito de sódio a 100ppm e descascados por abrasão. Foram enxaguados em água potável, processados na forma de palito de aproximadamente 5cm de comprimento por 1cm de largura e sanitificados com 150ppm de cloro ativo, durante 5 minutos. Depois, os tubérculos minimamente processados foram centrifugados por 4 minutos a 800g e embalados sob vácuo parcial em porções de 200g, em náilon multicamadas. Após todo o processamento, a batata palito foi armazenada a 5°C. Os operadores usaram luvas, gorros, máscaras e aventais em um local apropriado para o processamento mínimo e previamente sanitizado.

4.3 Análises

4.3.1 Rendimento da batata após o processamento

A batata intacta antes do seu processamento foi pesada e, logo após o processamento mínimo, foi pesada novamente. Dessa maneira, obteve-se o rendimento do tubérculo, em porcentagem, após o seu processamento.

4.3.2 Matéria seca

O teor de matéria seca foi determinado gravimetricamente por secagem em estufa com a temperatura controlada a 105°C por 24 horas ou até peso constante (Silva, 1990).

4.3.3 Firmeza

A firmeza foi medida como resistência à penetração, com o auxílio do penetrômetro a gás, composto por ponteira arredondada com o diâmetro medindo 3mm. As leituras em kgf foram feitas na parte equatorial da batata minimamente processada na forma de palito. Os resultados foram multiplicados por 9,86, para obter-se o resultado em Newtons (Embrapa, 2004).

4.3.4 Valor L*

As medidas para cor foram obtidas com o aparelho Minolta-Color Reader CR 10. As medidas foram expressas no espaço de cor L*, em que L é o brilho que varia de 0 a 100.

4.3.5 Acidez titulável

O nível de acidez do produto foi mensurado, utilizando-se o método de titulação em pH 8,2 com NaOH a 0,1N. Os resultados foram expressos em % de ácido cítrico por 100g de polpa de batata.

4.3.6 Amido

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

Foram pesados 4g de batatas minimamente processadas na forma palito, adicionados 20mL de etanol a 80% a 50°C, 0,05g de CaCO₃ e homogeneizados. Após a batata ter sido homogeneizada, essa solução foi centrifugada a 5.000rpm durante 15 minutos a 15°C. Após a centrifugação, o sobrenadante foi descartado e, novamente, foram adicionados 20mL de etanol a 80% a 50°C e 0,05g de CaCO₃ ao resíduo. Esse procedimento foi feito mais uma vez, totalizando-se três operações, sempre mantendo-se o resíduo. Ao resíduo foram adicionados 2,5mL de água destilada e 3,25mL de ácido perclórico a 52%, agitando-se e deixando-se descansar por 30 minutos. Após o repouso, o material foi centrifugado a 15.000rpm durante 20 minutos a 15 °C. O sobrenadante foi armazenado. Ao resíduo foram feitas mais duas vezes a operação de hidrólise do amido. Essa operação foi realizada três vezes ao todo. Todo o sobrenadante foi passado para um balão volumétrico que depois foi completado para 50mL com água destilada. Retirou-se alíquota para determinar o açúcar total pelo método colorimétrico descrito por Dubois (1956). O resultado final foi multiplicado por 0,9, para se obter a quantidade de amido por 100g de polpa de batata.

4.3.7 Açúcares totais

Determinaram-se os teores de açúcares totais pelo método colorimétrico descrito por Dubois (1956). Centrifugou-se o homogenato de batata a 1.500rpm, por 20 minutos, a 15°C e filtrou-se o sobrenadante. Retirou-se 1mL do filtrado e completou-se o balão volumétrico para 50mL, com água destilada. Retirou-se 1mL da solução e acrescentaram-se 0,5mL de fenol a 5%, agitando-se. Acrescentaram-se 2,5mL de ácido sulfúrico e agitou-se novamente. A amostra foi lida na absorbância de 490nm. Os resultados foram expressos em gramas de açúcares totais por 100g de polpa de batata.

4.3.8 Vitamina C

O teor de vitamina C foi determinado segundo metodologia descrita por Terada et al. (1979), modificada por Nunes et al. (1995). Pesaram-se 2g de tecido fresco e adicionaram-se 18mL de mistura ácida. Centrifugou-se a 15.000rpm por 20 minutos, a 4°C e filtrou-se o sobrenadante. Pipetou-se 1mL da solução e adicionaram-se a esse volume 5µL de 2,6 diclorofenolindofenol a 0,2%; agitou-se e incubou-se à temperatura ambiente por uma hora. Adicionou 1mL de toirúria a 2% e agitou-se bem. Foram adicionados 0,5mL de dinitrofenilhidrazina a 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, 2,5mL de H₂SO₄ gelado (inclusive no branco) e agitou-se. Adicionaram-se 0,5mL de dinitrofenilhidrazina a 2% ao branco e agitou-se. As amostras foram lidas na absorvância de 540nm à temperatura ambiente. Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100g de batata.

4.3.9 Polifenoloxidase e peroxidase

O procedimento foi realizado a 4°C. Tomaram-se 10g de tecido (polpa fresca), ressuspenderam-se em 90mL de tampão fosfato 0,05M pH 7,0, para conservar o pH da enzima, homogeneizando-os por 3 minutos em politron. Filtrou-se em papel Whatmann° 1, centrifugando-se logo em seguida (10.000rpm/10 minutos) . O sobrenadante constituiu a fonte enzimática.

4.3.9.1 Atividade da polifenoloxidase ou PFO (unidade enzimática min⁻¹g⁻¹ de tecido)

A atividade da polifenoloxidase ou PFO foi determinada de acordo com a técnica descrita por Ponting & Joslyn (1948). Foram retirados 0,5mL do extrato enzimático e adicionados 1,8mL de tampão fosfato 0,1M (pH 7,0) e

0,05mL de catecol 10mM. Incubou-se durante 30 minutos a 30°C. A reação foi interrompida adicionando-se 0,8mL de ácido perclórico 2N. A leitura dos valores de absorvância foi feita em espectofotômetro, no comprimento de onda de 395nm. Uma unidade enzimática é igual à variação de 0,01 na absorvância.

4.3.9.2 Atividade da peroxidase ou POD (unidade enzimática min⁻¹g⁻¹ de tecido)

A atividade de peroxidase foi determinada de acordo com a técnica descrita por Ferhmann & Diamond (1967). Foram retirados 3,0mL do extrato enzimático, o mesmo preparado para a polifenoloxidase. Adicionaram-se 5,0mL de tampão fosfato-citrato 0,1M (pH 5,0), 0,5mL de H₂O₂ a 3% e 0,5mL de guaiacol, incubando-se durante 5 minutos a 30°C. A reação foi interrompida adicionando-se 1,0mL de bissulfito de sódio a 30%. A leitura dos valores de absorvância foi feita em espectofotômetro, no comprimento de onda de 470nm. Uma unidade enzimática é igual à variação de 0,01 na absorvância.

4.3.10 Análises visuais e de odor

Para a realização das análises visuais e de odor, houve a participação de seis técnicos não treinados ligados ao Laboratório de Pós-colheita da Embrapa Hortaliças. Foram feitos três tipos de observações:

- **Presença de água na embalagem:** a presença de água no fundo da embalagem acima de 1mm;
- **Pontuações escuras:** a presença visível, ao olho humano, de, no mínimo, uma pontuação escura na batata palito;
- **Odor fétido:** para ser considerado com odor fétido, 100% da equipe técnica deveria afirmar que o odor oriundo da embalagem era desagradável.

4.3.11 Análises estatísticas

A análise estatística utilizada para a obtenção dos resultados foi dada pela análise de variância aplicada ao delineamento inteiramente casualizado (DIC), em que os tratamentos analisados em função do tempo foram aleatorizados conforme o esquema de parcela subdividida (Gomes, 2000).

É importante ressaltar que as respostas das variáveis analisadas em cada tempo foram provenientes de parcelas experimentais diferentes, sendo estas constituídas por 3 lotes do material vegetal estudado. Entretanto, considerou-se a dependência entre as parcelas pelo fato de que, a cada tempo, as parcelas eram provenientes do mesmo material, evidenciando, assim, uma dependência entre as respostas observadas.

4.4 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado. O delineamento para a avaliação da eficiência de substâncias antioxidantes na prevenção do escurecimento enzimático em batatas palito (' Bintje') minimamente processadas foi composto em um esquema fatorial 3x4, sendo duas substâncias antioxidantes (ácido cítrico 2% e ácido eritórbico 3%) e o controle, avaliadas em quatro tempos (0, 3, 6, e 9 dias após o processamento), sob a refrigeração de 5°C, com três repetições.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Características da batata

No experimento, utilizou-se a cultivar Bintje com teor de matéria seca de 18,38%. Coelho (1998) observou valores mais baixos em relação aos encontrados no presente trabalho, tendo a cultivar Baraka apresentado teor de matéria seca de 16,36% e a Achat, de 13,46%. O rendimento do material vegetal após o processamento foi de 66%.

5.2 Firmeza

A firmeza da batata 'Bintje' minimamente processada na forma de palito foi influenciada apenas pelo fator tempo de armazenamento, isoladamente.

Pôde-se observar, no geral, que houve um ligeiro aumento na firmeza do produto após o processamento, seguido de redução no decorrer do armazenamento (Figura 1). A desidratação superficial da batata minimamente processada pode ter causado o aumento na firmeza, fato observado nos três primeiros dias após o processamento.

A descompartimentalização causada pelo processamento mínimo afeta a estrutura celular do vegetal, pois facilita a degradação da parede celular, que é um dos determinantes da firmeza do produto. Segundo Chitarra (2000), enzimas, tais como pectinases (pectinametilesterase e poligalacturonase - endo e exo PG), celulases e beta-galactosidases, degradam a estrutura celular, que é responsável pela firmeza do tecido vegetal em frutas e hortaliças. Coelho (1998) não observou a atividade da poligalacturonase em duas cultivares de batata, Baraka e Achat, armazenadas sob temperatura ambiente durante 90 dias, mas constatou, em uma das cultivares, maior firmeza e menor atividade da pectinametilesterase. A firmeza em batatas parece estar ligada a fatores como certas frações de

substâncias pécicas ou mesmo à perda de turgor. Coelho (1998) não observou associação entre firmeza e pectina total e firmeza e solubilização de pectinas, avaliando o armazenamento das duas cultivares de batatas intactas, citadas anteriormente, armazenadas a 8°C em um período de 90 dias. Qi & Watada (1997), trabalhando com diversos produtos minimamente processados, que não a batata, armazenados a 5°C, observaram comportamento semelhante ao do presente estudo, no qual ocorreu uma queda na firmeza de produtos vegetais com o armazenamento.

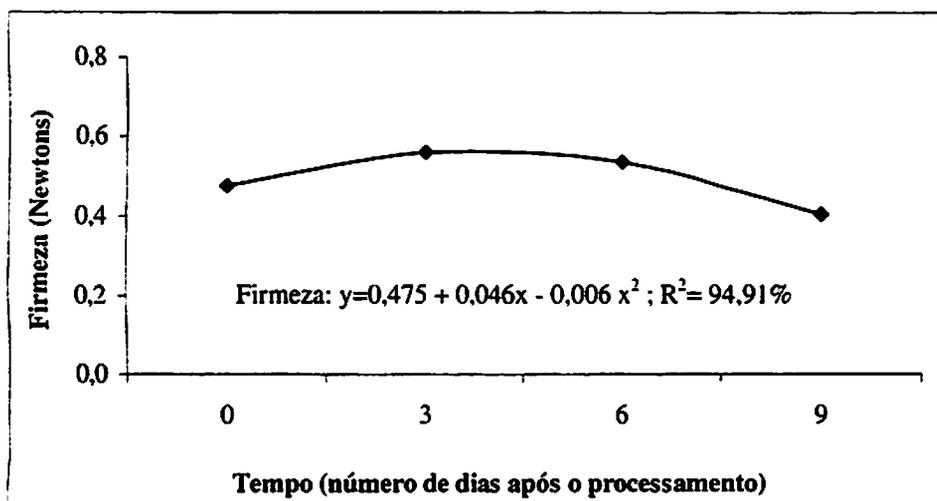


FIGURA 1 Firmeza (Newtons) de batatas 'Bintje' minimamente processadas na forma de palito, armazenadas a 5°C, por 9 dias.

Por meio das análises estatísticas, observou-se que o uso de ácido cítrico a 2% e eritórbito a 3% não alterou a firmeza do produto minimamente processado. Langdon (1987) realizou um trabalho com batatas fatiadas e mergulhadas durante 1 minuto em solução contendo 0,3%, 0,5% ou 1% de ácido

ácido cítrico em combinação com ácido ascórbico e depois embaladas em polietileno. Este autor observou comportamento semelhante. Após 14 e 20 dias, as batatas mergulhadas em todas as soluções citadas anteriormente apresentavam textura e batatas frescas fatiadas.

3 Valor L*

O valor L* foi afetado apenas pelos tratamentos com antioxidantes. Analisando-se a Tabela 1, pode-se verificar os efeitos das substâncias antioxidantes no valor L* da batata minimamente processada 'Bintje'.

TABELA 1 Valor L* de batatas 'Bintje' minimamente processadas na forma de palito, armazenadas a 5°C, por 9 dias.

Antioxidantes	Médias do valor L*
Controle	53,969a
Ácido cítrico a 2%	49,911b
Ácido eritórbico a 3%	49,677b

Médias seguidas de mesma letra na coluna são iguais entre si, pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Batatas controle apresentaram valor L* superior às tratadas com ácido cítrico a 2% e eritórbico a 3%, que não diferiram entre si (Tabela 1). Logo, o uso de substância antioxidante diminuiu o valor L* do produto minimamente processado. Essa diminuição do valor L* significa que o produto escureceu, embora não seja possível afirmar que tal escurecimento seja notado pelo olho humano. A aparência do produto é o primeiro aspecto avaliado pelo consumidor no momento da compra.

Gunes & Lee (1997) observaram que a mistura de 0,5% de L-cisteína e 2% de ácido cítrico determinou o melhor resultado em relação ao valor L*

(intensidade de cor) em batata minimamente processada e embalada sob atmosfera modificada, quando comparada à de outras substâncias antioxidantes. Os valores L^* encontrados por Gunes & Lee (1997) ficaram próximos a 65, acima dos resultados encontrados nesse experimento.

Santerre et al. (1991) retiraram a casca da batata por abrasão, deixando-a inteira e mergulharam o tubérculo em uma solução contendo 3% de ácido eritórico, armazenando-o em embalagem plástica a $3,8^{\circ}\text{C}$. As batatas mergulhadas na solução de ácido eritórico apresentaram valor L^* igual ou maior do que batatas com 2.000ppm de sulfito.

Langdon (1987), trabalhando com a combinação de ácido ascórbico e ácido cítrico a 0,3%, 0,5% e 1,0% embaladas em polietileno, obteve bons resultados, tendo a batata apresentado frescor assim que retirada da embalagem. Batatas minimamente processadas na forma de palito, em todos os tempos após o processamento, apresentaram boa aparência, pois não ocorreu a presença de pontuações escuras na batata palito. Gardner (1991), analisando o efeito da mistura de 1,08g de ácido cítrico e 1,08g de ácido ascórbico em 100mL em batatas pré-descascadas armazenadas a 0°C e 4°C , constataram 12 dias de vida de prateleira, baseando-se apenas na cor do produto. O armazenamento de batatas palito durante os nove dias do presente experimento não apresentou escurecimento, com base apenas no aspecto visual.

Laurila et al. (1998) também constataram a eficiência do uso de antioxidantes, quando observou-se boa qualidade visual para batatas fatiadas e mergulhadas na concentração de 0,1% - 0,5% de ácido cítrico e ácido ascórbico em um atmosfera com uma mistura de 20% de CO_2 + 80% N_2 na embalagem.

5.4 Acidez titulável

A acidez titulável foi influenciada exclusivamente pelos tratamentos com antioxidantes, como pode ser observado na Tabela 2. Os tubérculos tratados com

5.8 Polifenoloxidase

A variável polifenoloxidase foi influenciada apenas pelo tratamento com antioxidante, não tendo sido afetada pelo fator tempo, tampouco pela interação entre ambos os fatores. Ambos os antioxidantes reduziram a atividade da polifenoloxidase. Nenhum efeito diferencial foi observado entre ambos os tratamentos (Tabela 4).

TABELA 4 Atividade da polifenoloxidase ($ue.min^{-1}.g^{-1}$) de batatas ' Bintje' minimamente processadas na forma de palito, armazenadas a 5°C, por 9 dias .

Antioxidantes	Médias da polifenoloxidase
Controle	202,430b
Ácido cítrico a 2%	41,191a
Ácido eritórbito a 3%	40,615a

Médias seguidas de mesma letra na coluna são iguais entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

O ácido cítrico atua como agente quelante e acidulante, inibindo a polifenoloxidase (Laurila et al., 2002) e é o principal ácido orgânico de frutas e hortaliças (Wiley, 1994; Gardner, 1966). O ácido cítrico reduz o pH quelando o cobre no sítio ativo da polifenoloxidase, inativando a enzima. Resultados promissores têm sido obtidos usando ácido cítrico e as combinações com ácido ascórbico e ácido benzóico, mergulhando-se batatas minimamente processadas nessas soluções. Gunes & Lee (1997) observaram que a mistura de 0,5% de L-cisteína e 2% de ácido cítrico determinou o melhor resultado em relação ao valor L (intensidade de cor) em batata descascada por abrasão e embaladas em atmosfera modificada, quando comparadas com outras substâncias antioxidantes.

O ácido eritórbito, um isômero do ácido ascórbico, tem apresentado propriedades semelhantes, embora não tenha atividade da vitamina C. Esse composto chega a ser até cinco vezes mais barato que o ácido ascórbico. Esse ácido atua como inibidor da atividade enzimática, pois abaixa o pH do meio, de forma que é reduzida a atividade da enzima. Ácido eritórbito tem sido usado como inibidor de escurecimento enzimático em combinação com ácido ascórbico ou cítrico para batatas fatiadas e para batatas inteiras descascadas por abrasão (Santerre et al., 1991).

Novamente, é válido lembrar que a batata minimamente processada tratada com ambos os antioxidantes não apresentou pontuações escuras. Isso demonstra a eficiência dessas substâncias no controle do escurecimento enzimático.

5.9 Peroxidase

A atividade da enzima peroxidase foi afetada apenas pelo tratamento com antioxidante. A presença do ácido cítrico a 2% não afetou a atividade da peroxidase, pois ela apresentou valor semelhante ao tratamento controle. Já o ácido eritórbito a 3% permitiu que a atividade da peroxidase aumentasse (Tabela 5).

TABELA 5 Atividade da peroxidase ($ue.min^{-1}.g^{-1}$) de batatas 'Bintje' minimamente processadas na forma de palito, armazenadas a 5°C, por 9 dias.

Antioxidantes	Médias da peroxidase
Controle	298,047b
Ácido cítrico a 2%	282,082b
Ácido eritórbito a 3%	376,832a

Médias seguidas de mesma letra na coluna são iguais entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Mesmo não controlando a atividade da peroxidase, não houve formação de pontuações escuras quando foram utilizados o ácido cítrico a 2% e o ácido eritórbico a 3%. Devido a essas observações, sugere-se que a peroxidase não esteja ligada ao escurecimento enzimático. Segundo Garcia & Barrett (2002), embora a peroxidase possa, também, contribuir para o escurecimento enzimático, sua função ainda continua questionável.

6 CONCLUSÕES

Sob as condições experimentais em que se realizaram os estudos, pode-se concluir que:

- o escurecimento enzimático em batata minimamente processada ' Bintje ' parece estar ligado à enzima polifenoloxidase, pois o ácido cítrico a 2% e o ácido eritórbico a 3% reduziram a atividade dessa enzima e, conseqüentemente, não houve o aparecimento de pequenas pontuações escuras no produto. A atividade da peroxidase não apresentou o mesmo comportamento, pois sua atividade não foi reduzida;
- o uso do ácido eritórbico a 3% é o mais recomendado como substância de efeito antioxidante, pois, além de evitar o escurecimento enzimático, sua presença faz aumentar o teor de ácido ascórbico.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARRY-RYAN, C.; O'BEIRNE, D. Ascorbic acid retention in shredded iceberg lettuce as affected by minimal processing. **Journal of food Science**, Chicago, v. 64, n. 3, p. 498-500, May/June 1999.

BERBARI, S. A. G.; AGUIRRE, J. M. Alternativa para o aproveitamento de Batata. **Batata Show**, São Paulo, v. 2. n. 4, p. 27, 2002.

BURNS, K. J. Lightly processed fruits and vegetables: introduction to the colloquium. **HortScience**, Alexandria, v. 30, n. 1, p. 14-17, Feb. 1995.

CHITARRA, M. I. F. **Processamento mínimo de frutos e hortaliças**. Lavras, MG: UFLA/FAEPE, 2000. 113 p.

COELHO, A. H. R. **Alterações químicas e qualidade de fritura de duas cultivares de batata (*Solanum tuberosum* L.) armazenadas em atmosfera modificada em temperatura ambiente e sob refrigeração**. 1998. 145 p. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 28, n. 3, p. 350-356, 1956.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional De Pesquisa De Hortaliça. **Laboratório de pós-colheita**. Desenvolvida por Adonai Gimenez Calbo & Celso Luiz Moretti. Apresenta informações sobre penetrômetro a gás para medir firmeza de frutos. Disponível em: <<http://www.cnpq.embrapa.br/laboratorio/pos-colheita/penetrometro.htm>>. Acesso em: 30 mar. 2004.

FERHMAN, H.; DIAMOND, A. E. Peroxidase activity and phytophthora resistance in different organs of potato plant. **Phytopathology**, Lancaster, v. 57, n. 1, p. 69-72, Jan. 1967.

GARCIA, E.; BARRETT, D. M. Preservative treatments for fresh-cut fruits and vegetables. In: LAMIKANRA, O. **Fresh-cut fruits and vegetable**. Florida: CRC PRESS, 2002. p. 268-303.

GARDNER, J.; MANOHAR, S.; BORISENOK, W. S. **Sulfite-free preservative for fresh peeled fruits and vegetables**. Patent number, 4988523, 1991.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 14. ed. Piracicaba: ESALQ/USP, 2000.

GUNES, G.; LEE, C. Y. Color of minimally processed potatoes as affected by modified atmosphere packaging and antibrowning agents. **Journal of Food Science**, Chicago v. 62, n. 3, p. 572-575, May/June 1997.

HEEMST, H. D. J. van. The distribution of dry matter during growth of potato crop. **Potato Research**, Wageningen, v. 29, n. 1, p. 55-66, Mar. 1986.

LANGDON, T. T. Preservation of browning in prepared potatoes without the use of sulfiting agents. **Food Technology**, Chicago, v. 41, n. 7/8, p. 64-67, July/Aug. 1987.

LAURILA, E. K.; HURME, E.; AHVENAINEN, R. The shelf-life of sliced raw potatoes of various cultivar varieties - substitution of bisulphites. **Journal of Food Protection**, Des Moines, v. 61, n. 10, p. 1363-1371, Oct. 1998.

LAURILA, E. K.; KERVINEN, R.; AHVENAINEN, R. **The inhibition of enzymatic browning in minimally processed vegetables and fruits**. VTT Biotechnology and Food Research. Finland, 2002. Disponível em: <<http://hort.cabweb.org/Postharv/Reviews/Laurila.htm>>. Acesso em: 2004.

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

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

MATHEIS, G. Polyphenol oxidase and enzymatic browning of potatoes. Properties of potato polyphenol oxidase. **Chemische Mikrobiologie Lebensmittel**, Stuttgart, v. 11, p. 5-12, 1987.

- MORETTI, C. L.; SARGENTE, S. A.; HUBER, D.; CALBO, A. G. PUSCHMAN, R. Chemical composition and physical properties of pericarp, locule, and placental tissues of tomatoes with international bruising. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 123. n. 4, p. 656-660, July 1998.
- NOCTOR, G.; FOYER, C. H. Ascorbate and glutathione: keeping active oxygen under control. **Annual Review of Plant Physiology and Molecular Biology**, Palo Alto, v. 49, p. 249-279, 1998.
- PONTING, J. D.; JOSLYN, M. A. Ascorbic acid and browning in apple tissue extracts. **Archives of Biochemistry**, New York, v. 19, n. 1, p. 47-63, 1948.
- QI, L.; WATADA, A. E. Quality changes of fresh-cut fruits in CA estorage. In: **INTERNATIONAL CONTROLLED ATMOSPHERE CONFERENCE**, 7., 1997, Davis, CA. **Proceedings...** Davis, CA, 1997. v. 5, p. 116-120.
- RANGANNA, S. **Handbook of analysis and quality control for fruits and vegetables products**. New Delhi: Tata Mcgraw Publishers, 1986. p. 106-107.
- REIS JÚNIOR, R. dos A.; FONTES, P. C. Qualidade de tubérculos de batata cv. Baraka em função de doses da adubação potássica. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 14, n. 2, p. 170-174, nov. 1996.
- SANTERRES, C. R.; LEACHL, T. F.; CASH, J. N. Bisulfite alternatives in processing abrasion-peeled Russet Burbank potatoes. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 56, n. 1, p. 257-259, Jan./Feb. 1991.
- SAPERS, G. M.; MILLER, R. L.. Heated ascorbic/citric acid solution as browning inhibitor for pre-peeled potatoes. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 60, n. 4, p. 762-777, July/Aug. 1995
- SILVA, D. J. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 2. ed. Viçosa, MG: Imprensa Universitária, 1990. 165 p.
- SMITH, O. **Potatoes: production, storing, processing**. Westport, Connecticut: The Avi Publishing Company, 1977. p. 77-121.
- TAKANO, K. Batata frita congelada: questão de tempo. **Batata Show**, São Paulo, v. 1, n. 3, p. 11, set. 2001.

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

VENDRUSCOLO, J. L. **Avaliação e melhoria das qualidades tecnológicas e sensoriais de genótipos de batata (*Solanum tuberosum* L.) para a industrialização e consumo de mesa.** Pelotas: CPTA/EMBRAPA, 1998. 6 p. (Subprojeto de pesquisa nº 0. 5. 0. 99. 080. 05. sistema Embrapa de Planejamento).

ANEXOS

ANEXO A

	Página	
TABELA 1A	Análise de variância para a variável CO ₂ referente à avaliação do processamento mínimo na forma palito e intacta de batata Asterix e Bintje, armazenadas em diferentes temperaturas, 5 °C e 15 °C, durante 4 horas ..	111
TABELA 2A	Análise de variância para a variável firmeza referente à avaliação do processamento mínimo na forma palito de batatas 'Asterix' e 'Bintje', armazenadas em diferentes temperaturas, 5 °C e 15 °C, durante nove dias	111
TABELA 3A	Análise de variância para a variável valor L* referente à avaliação do processamento mínimo na forma palito de batata Asterix e Bintje, armazenadas em diferentes temperaturas, 5 °C e 15 °C, durante nove dias	112
TABELA 4A	Análise de variância para a variável acidez titulável referente à avaliação do processamento mínimo na forma palito de batatas 'Asterix' e 'Bintje', armazenadas em diferentes temperaturas, 5 °C e 15 °C, durante nove dias	112
TABELA 5A	Análise de variância para a variável vitamina C referente à avaliação do processamento mínimo na forma palito de batatas 'Asterix' e 'Bintje', armazenadas em diferentes temperaturas, 5 °C e 15 °C, durante nove dias	113
TABELA 6A	Análise de variância para a variável amido referente à avaliação do processamento mínimo na forma palito de batatas 'Asterix' e 'Bintje', armazenadas em diferentes temperaturas, 5 °C e 15 °C, durante nove dias	113
TABELA 7A	Análise de variância para a variável açúcares totais referente à avaliação do processamento mínimo na forma palito de batatas 'Asterix' e 'Bintje', armazenadas em diferentes temperaturas, 5 °C e 15 °C, durante nove dias	114

TABELA 8A	Análise de variância para a variável polifenoloxidase referente à avaliação do processamento mínimo na forma palito de batatas 'Asterix' e 'Bintje', armazenadas em diferentes temperaturas, 5 °C e 15 °C, durante nove dias	114
TABELA 9A	Análise de variância para a variável peroxidase referente à avaliação do processamento mínimo na forma palito de batatas 'Asterix' e 'Bintje', armazenadas em diferentes temperaturas, 5 °C e 15 °C, durante nove dias	115
TABELA 10A	Análise de variância para a variável firmeza referente à avaliação da eficiência de substâncias antioxidantes (ácido cítrico a 2% e ácido eritórbico a 3%) na prevenção do escurecimento enzimático em batatas palito ('Bintje') minimamente processadas, armazenadas sob uma mesma temperatura (5°C), avaliadas durante nove dias	115
TABELA 11A	Análise de variância para a variável valor L* referente à avaliação da eficiência de substâncias antioxidantes (ácido cítrico a 2% e ácido eritórbico a 3%) na prevenção do escurecimento enzimático em batatas palito ('Bintje') minimamente processadas, armazenadas sob uma mesma temperatura (5°C), avaliadas durante nove dias	116
TABELA 12A	Análise de variância para a variável acidez titulável referente à avaliação da eficiência de substâncias antioxidantes (ácido cítrico a 2% e ácido eritórbico a 3%) na prevenção do escurecimento enzimático em batatas palito ('Bintje') minimamente processadas, armazenadas sob uma mesma temperatura (5°C), avaliadas durante nove dias	116
TABELA 13A	Análise de variância para a variável vitamina C referente à avaliação da eficiência de substâncias antioxidantes (ácido cítrico a 2% e ácido eritórbico a 3%) na prevenção do escurecimento enzimático em batatas palito ('Bintje') minimamente processadas, armazenadas sob uma mesma temperatura (5°C), avaliadas durante nove dias	117

<p>TABELA 14A Análise de variância para a variável amido referente à avaliação da eficiência de substâncias antioxidantes (ácido cítrico a 2% e ácido eritórbito a 3%) na prevenção do escurecimento enzimático em batatas palito ('Bintje') minimamente processadas, armazenadas sob uma mesma temperatura (5°C), avaliadas durante nove dias</p>	117
<p>TABELA 15A Análise de variância para a variável açúcares totais referente à avaliação da eficiência de substâncias antioxidantes (ácido cítrico a 2% e ácido eritórbito a 3%) na prevenção do escurecimento enzimático em batatas palito ('Bintje') minimamente processadas, armazenadas sob uma mesma temperatura (5°C), avaliadas durante nove dias</p>	118
<p>TABELA 16A Análise de variância para a variável polifenoloxidase referente à avaliação da eficiência de substâncias antioxidantes (ácido cítrico a 2% e ácido eritórbito a 3%) na prevenção do escurecimento enzimático em batatas palito ('Bintje') minimamente processadas, armazenadas sob uma mesma temperatura (5°C), avaliadas durante nove dias</p>	118
<p>TABELA 17A Análise de variância para a variável peroxidase referente à avaliação da eficiência de substâncias antioxidantes (ácido cítrico a 2% e ácido eritórbito a 3%) na prevenção do escurecimento enzimático em batatas palito ('Bintje') minimamente processadas, armazenadas sob uma mesma temperatura (5°C), avaliadas durante nove dias</p>	119

TABELA 1A Análise de variância para a variável CO₂, referente à avaliação do processamento mínimo nas formas palito e intacta das cultivares de batata Asterix e Bintje, armazenadas em diferentes temperaturas, 5°C e 15°C, durante 4 horas.

FV	GL	QM	Pr > F
Tratamento	7	303,127908	0,0001
Erro a = Rep(Cultivar)	16	2.988280	
Horas	3	11.817249	0.0262
Tratamento*Horas	21	2.845908	0.6953
Erro	48	3.516761	
Total	95		

TABELA 2A Análise de variância para a variável firmeza referente à avaliação do processamento mínimo na forma palito das cultivares de batata Asterix e Bintje, armazenadas em diferentes temperaturas, 5°C e 15°C, durante nove dias.

FV	GL	QM	Pr > F
Cultivar	1	0,009020	0,3246
Temperatura	1	0,014421	0,2212
Cultivar*Temperatura	1	0,004332	0,4878
Erro a = Rep(Trat)	8	0,008191	
Tempo	3	0,086017	0,0017
Erro b = Rep(Tempo)	8	0,006370	
Cultivar*Tempo	3	0,010125	0,0552
Temperatura*Tempo	3	0,026085	0,0017
Cultivar*Temperatura*Tempo	3	0,000743	0,8747
Erro	16	0,003242	
Total	47		

CV 1(%) = 8,83

CV 2(%) = 16,60

CV 3(%) = 11,84

TABELA 3A Análise de variância para a variável valor L* referente à avaliação do processamento mínimo na forma palito das cultivares de batata Asterix e Bintje, armazenadas em diferentes temperaturas, 5°C e 15°C, durante nove dias.

FV	GL	QM	Pr > F
Cultivar	1	67,996602	0,0009
Temperatura	1	8,004967	0,1176
Cultivar*Temperatura	1	2,490674	0,3567
Erro a = Rep(Trat)	8	2,603222	
Tempo	3	25,933811	0,0030
Erro b = Rep(Tempo)	8	2,301413	
Cultivar*Tempo	3	3,099603	0,1435
Temperatura*Tempo	3	27,284031	0,0000
Cultivar*Temperatura*Tempo	3	2,444790	0,2201
Erro	16	1,492015	
Total	47		

CV 1 (%) = 3,02

CV 2 (%) = 2,84

CV 3 (%) = 2,29

TABELA 4A Análise de variância para a variável acidez titulável referente à avaliação do processamento mínimo na forma palito das cultivares de batata Asterix e Bintje, armazenadas em diferentes temperaturas, 5°C e 15°C, durante nove dias.

FV	GL	QM	Pr > F
Cultivar	1	0,013068	0,0036
Temperatura	1	0,064974	0,0000
Cultivar*Temperatura	1	0,001541	0,1996
Erro a = Rep(Trat)	8	0,000788	
Tempo	3	0,008250	0,0093
Erro b = Rep(Tempo)	8	0,001061	
Cultivar*Tempo	3	0,001640	0,2515
Temperatura*Tempo	3	0,000383	0,7884
Cultivar*Temperatura*Tempo	3	0,001259	0,3574
Erro	16	0,001090	
Total	47		

CV 1(%) = 23,05

CV 2(%) = 26,74

CV 3(%) = 27,1

TABELA 5A Análise de variância para a variável vitamina C referente à avaliação do processamento mínimo na forma palito das cultivares de batata Asterix e Bintje, armazenadas em diferentes temperaturas, 5°C e 15°C, durante nove dias.

FV	GL	QM	Pr > F
Cultivar	1	401,785628	0,0000
Temperatura	1	230,269744	0,0000
Cultivar*Temperatura	1	56,461239	0,0011
Erro a = Rep(Trat)	8	2,299664	
Tempo	3	209,525580	0,0000
Erro b = Rep(Tempo)	8	2,514793	
Cultivar*Tempo	3	59,076821	0,0000
Temperatura*Tempo	3	53,035128	0,0000
Cultivar*Temperatura*Tempo	3	4,000092	0,2555
Erro	16	2,687305	
Total	47		

CV 1(%) = 11,83

CV 2(%) = 12,37

CV 3(%) = 12,78

TABELA 6A Análise de variância para a variável amido referente à avaliação do processamento mínimo na forma palito das cultivares de batata Asterix e Bintje, armazenadas em diferentes temperaturas, 5°C e 15°C, durante nove dias.

FV	GL	QM	Pr > F
Cultivar	1	14,562932	0,0032
Temperatura	1	26,624813	0,0005
Cultivar*Temperatura	1	48,390792	0,0001
Erro a = Rep(Trat)	8	0,840122	
Tempo	3	102,285615	0,0000
Erro b = Rep(Tempo)	8	0,418156	
Cultivar*Tempo	3	8,680551	0,0537
Temperatura*Tempo	3	7,848127	0,0701
Cultivar*Temperatura*Tempo	3	7,613175	0,0757
Erro	16	2,751382	
Total	47		

CV 1 (%) = 5,69

CV 2 (%) = 4,01

CV 3 (%) = 10,29

TABELA 15A Análise de variância para a variável açúcares totais referente à avaliação da eficiência de substâncias antioxidantes (ácido cítrico a 2% e ácido eritórbico a 3%) na prevenção do escurecimento enzimático em batatas palito ('Bintje') minimamente processadas, armazenadas sob uma mesma temperatura (5°C), avaliadas durante nove dias.

FV	GL	QM	Pr > Fc
Tratamentos	2	0,067916	0,0002
Erro I	6	0,001309	
Tempo	3	0,001708	0,0621
Tratamento*Tempo	6	0,003692	0,0010
Erro	18	0,000585	
Total	35		

CV 1(%) = 14,34

CV 2(%) = 9,59

TABELA 16A Análise de variância para a variável polifenoloxidase referente à avaliação da eficiência de substâncias antioxidantes (ácido cítrico a 2% e ácido eritórbico a 3%) na prevenção do escurecimento enzimático em batatas palito ('Bintje') minimamente processadas, armazenadas sob uma mesma temperatura (5°C), avaliadas durante nove dias.

FV	GL	QM	Pr > Fc
Tratamentos	2	104365,422	0,0000
Erro I	6	277,031248	
Tempo	3	71,846390	0,7108
Tratamento*Tempo	6	77,772356	0,7984
Erro	18	154,795159	
Total	35		

CV 1(%) = 17,57

CV 2(%) = 13,13

TABELA 5A Análise de variância para a variável vitamina C referente à avaliação do processamento mínimo na forma palito das cultivares de batata Asterix e Bintje, armazenadas em diferentes temperaturas, 5°C e 15°C, durante nove dias.

FV	GL	QM	Pr > F
Cultivar	1	401,785628	0,0000
Temperatura	1	230,269744	0,0000
Cultivar*Temperatura	1	56,461239	0,0011
Erro a = Rep(Trat)	8	2,299664	
Tempo	3	209,525580	0,0000
Erro b = Rep(Tempo)	8	2,514793	
Cultivar*Tempo	3	59,076821	0,0000
Temperatura*Tempo	3	53,035128	0,0000
Cultivar*Temperatura*Tempo	3	4,000092	0,2555
Erro	16	2,687305	
Total	47		

CV 1(%) = 11,83

CV 2(%) = 12,37

CV 3(%) = 12,78

TABELA 6A Análise de variância para a variável amido referente à avaliação do processamento mínimo na forma palito das cultivares de batata Asterix e Bintje, armazenadas em diferentes temperaturas, 5°C e 15°C, durante nove dias.

FV	GL	QM	Pr > F
Cultivar	1	14,562932	0,0032
Temperatura	1	26,624813	0,0005
Cultivar*Temperatura	1	48,390792	0,0001
Erro a = Rep(Trat)	8	0,840122	
Tempo	3	102,285615	0,0000
Erro b = Rep(Tempo)	8	0,418156	
Cultivar*Tempo	3	8,680551	0,0537
Temperatura*Tempo	3	7,848127	0,0701
Cultivar*Temperatura*Tempo	3	7,613175	0,0757
Erro	16	2,751382	
Total	47		

CV 1 (%) = 5,69

CV 2 (%) = 4,01

CV 3 (%) = 10,29

TABELA 7A Análise de variância para a variável açúcares totais referente à avaliação do processamento mínimo na forma palito das cultivares de batata Asterix e Bintje, armazenadas em diferentes temperaturas, 5°C e 15°C, durante nove dias.

FV	GL	QM	Pr > F
Cultivar	1	0,158470	0,0000
Temperatura	1	0,089614	0,0000
Cultivar*Temperatura	1	0,009130	0,0334
Erro a = Rep(Trat)	8	0,001388	
Tempo	3	0,022833	0,0017
Erro b = Rep(Tempo)	8	0,001702	
Cultivar*Tempo	3	0,055186	0,0000
Temperatura*Tempo	3	0,125083	0,0000
Cultivar*Temperatura*Tempo	3	0,013431	0,0007
Erro	16	0,001397	
Total			

CV 1(%) = 13,24

CV 2(%) = 14,66

CV 3(%) = 13,28

TABELA 8A Análise de variância para a variável polifenoloxidase referente à avaliação do processamento mínimo na forma palito das cultivares de batata Asterix e Bintje, armazenadas em diferentes temperaturas, 5°C e 15°C, durante nove dias.

FV	GL	QM	Pr > F
Cultivar	1	35517,107361	0,0000
Temperatura	1	33793,914675	0,0000
Cultivar*Temperatura	1	7890,915247	0,0000
Erro a = Rep(Trat)	8	35,386752	
Tempo	3	17791,601787	0,0000
Erro b = Rep(Tempo)	8	27,079997	
Cultivar*Tempo	3	10054,240726	0,0000
Temperatura*Tempo	3	40715,457530	0,0000
Cultivar*Temperatura*Tempo	3	3228,388425	0,0000
Erro	16	93,742411	
Total	47		

CV 1(%) = 2,76

CV 2(%) = 2,41

CV 3(%) = 4,48

TABELA 9A Análise de variância para a variável peroxidase referente à avaliação do processamento mínimo na forma palito das cultivares de batata Asterix e Bintje, armazenadas em diferentes temperaturas, 5°C e 15°C, durante nove dias.

FV	GL	QM	Pr > F
Cultivar	1	101315,800751	0.0007
Temperatura	1	1583191,350076	0.0000
Cultivar*Temperatura	1	1229,306783	0.5732
Erro a = Rep(Trat)	8	3564,807643	
Tempo	3	670006,468580	0,0000
Erro b = Rep(Tempo)	8	6726,119362	
Cultivar*Tempo	3	583822,003488	0,0000
Temperatura*Tempo	3	318978,489566	0,0000
Cultivar*Temperatura*Tempo	3	291794,736890	0,0000
Erro	16	6160,605370	
Total	47		

CV 1(%) = 11,47

CV 2(%) = 15,76

CV 3(%) = 15,08

TABELA 10A Análise de variância para a variável firmeza referente à avaliação da eficiência de substâncias antioxidantes (ácido cítrico a 2% e ácido eritórbito a 3%) na prevenção do escurecimento enzimático em batatas palito ('Bintje') minimamente processadas, armazenadas sob uma mesma temperatura (5°C), avaliadas durante nove dias.

FV	GL	QM	Pr > Fc
Tratamentos	2	0,000738	0,9450
Erro 1	6	0,012928	
Tempo	3	0,046955	0,0027
Tratamento*Tempo	6	0,017041	0,0616
Erro 2	18	0,006818	
Total	35		

CV 1(%) = 23,01

CV 2(%) = 16,71

TABELA 11A Análise de variância para a variável valor L* referente à avaliação da eficiência de substâncias antioxidantes (ácido cítrico a 2% e ácido eritórbico a 3%) na prevenção do escurecimento enzimático em batatas palito ('Bintje') minimamente processadas, armazenadas sob uma mesma temperatura (5°C), avaliadas durante nove dias.

FV	GL	QM	Pr > Fc
Tratamentos	2	69.883050	0.0090
Erro 1	6	6,116184	
Tempo	3	1,301172	0,7765
Tratamento*Tempo	6	9,105389	0,0555
Erro 2	18	3,529227	
Total	35		

CV 1(%) = 4,83

CV 2(%) = 3,67

TABELA 12A Análise de variância para a variável acidez titulável referente à avaliação da eficiência de substâncias antioxidantes (ácido cítrico a 2% e ácido eritórbico a 3%) na prevenção do escurecimento enzimático em batatas palito ('Bintje') minimamente processadas, armazenadas sob uma mesma temperatura (5°C), avaliadas durante nove dias.

FV	GL	QM	Pr > Fc
Tratamentos	2	0,001594	0,0072
Erro 1	6	0,000127	
Tempo	3	0,000141	0,6113
Tratamento*Tempo	6	0,000448	0,1238
Erro	18	0,000227	
Total	35		

CV 1(%) = 8,95

CV 2(%) = 11,98

TABELA 13A Análise de variância para a variável vitamina C referente à avaliação da eficiência de substâncias antioxidantes (ácido cítrico a 2% e ácido eritórbito a 3%) na prevenção do escurecimento enzimático em batatas palito ('Bintje') minimamente processadas, armazenadas sob uma mesma temperatura (5°C), avaliadas durante nove dias.

FV	GL	QM	Pr > Fc
Tratamentos	2	715,756417	0,0004
Erro 1	6	18,575818	
Tempo	3	18,684244	0,1151
Tratamento*Tempo	6	48,906372	0,0014
Erro	18	8,230166	
Total	35		

CV 1(%) = 18,61

CV 2(%) = 12,39

TABELA 14A Análise de variância para a variável amido referente à avaliação da eficiência de substâncias antioxidantes (ácido cítrico a 2% e ácido eritórbito a 3%) na prevenção do escurecimento enzimático em batatas palito ('Bintje') minimamente processadas, armazenadas sob uma mesma temperatura (5°C), avaliadas durante nove dias.

FV	GL	QM	Pr > Fc
Tratamentos	2	143,564769	0,0092
Erro 1	6	12,657334	
Tempo	3	10,008496	0,0332
Tratamento*Tempo	6	2,330686	0,5532
Erro	18	2,763957	
Total	35		

CV 1(%) = 17,95

CV 2(%) = 8,39

TABELA 15A Análise de variância para a variável açúcares totais referente à avaliação da eficiência de substâncias antioxidantes (ácido cítrico a 2% e ácido eritórbito a 3%) na prevenção do escurecimento enzimático em batatas palito (' Bintje') minimamente processadas, armazenadas sob uma mesma temperatura (5°C), avaliadas durante nove dias.

FV	GL	QM	Pr > Fc
Tratamentos	2	0,067916	0,0002
Erro I	6	0,001309	
Tempo	3	0,001708	0,0621
Tratamento*Tempo	6	0,003692	0,0010
Erro	18	0,000585	
Total	35		

CV 1(%) = 14,34

CV 2(%) = 9,59

TABELA 16A Análise de variância para a variável polifenoloxidase referente à avaliação da eficiência de substâncias antioxidantes (ácido cítrico a 2% e ácido eritórbito a 3%) na prevenção do escurecimento enzimático em batatas palito (' Bintje') minimamente processadas, armazenadas sob uma mesma temperatura (5°C), avaliadas durante nove dias.

FV	GL	QM	Pr > Fc
Tratamentos	2	104365,422	0,0000
Erro I	6	277,031248	
Tempo	3	71,846390	0,7108
Tratamento*Tempo	6	77,772356	0,7984
Erro	18	154,795159	
Total	35		

CV 1(%) = 17,57

CV 2(%) = 13,13

TABELA 17A Análise de variância para a variável peroxidase referente à avaliação da eficiência de substâncias antioxidantes (ácido cítrico a 2% e ácido eritórico a 3%) na prevenção do escurecimento enzimático em batatas palito ('Bintje') minimamente processadas, armazenadas sob uma mesma temperatura (5°C), avaliadas durante nove dias.

FV	GL	QM	Pr > Fc
Tratamentos	2	30878,924210	0,0180
Erro I	6	3654,499856	
Tempo	3	2518,947569	0,5488
Tratamento*Tempo	6	5317,559768	0,2230
Erro	18	3462,627702	
Total	35		

CV 1(%) = 18,95

CV 2(%) = 18,45