

**PROLONGAMENTO DA VIDA ÚTIL E  
MANUTENÇÃO DA QUALIDADE DE  
ABOBRINHA ‘MENINA BRASILEIRA’  
MINIMAMENTE PROCESSADA**

**BRÍGIDA MONTEIRO VILAS BOAS**

**2007**

**BRÍGIDA MONTEIRO VILAS BOAS**

**PROLONGAMENTO DA VIDA ÚTIL E MANUTENÇÃO DA  
QUALIDADE DE ABOBRINHA ‘MENINA BRASILEIRA’  
MINIMAMENTE PROCESSADA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de “Doutor”.

**Orientador**

**Prof. Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas**

**LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2007**

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

Vilas Boas, Brígida Monteiro

Prolongamento da vida útil e manutenção da qualidade de abobrinha  
‘Menina Brasileira’ minimamente processada / Brígida Monteiro Vilas Boas.  
– Lavras: UFLA, 2007.

180 p. : il.

Orientador: Eduardo Valério de Barros Vilas Boas.

Tese (Doutorado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Cucurbita moschata. 2. Processamento mínimo. 3. Sanificantes. 4.  
Temperatura. 5. Atmosfera modificada. 6. Compostos voláteis. 7 Aroma. I.  
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-664.80562

**BRÍGIDA MONTEIRO VILAS BOAS**

**PROLONGAMENTO DA VIDA ÚTIL E MANUTENÇÃO DA  
QUALIDADE DE ABOBRINHA ‘MENINA BRASILEIRA’  
MINIMAMENTE PROCESSADA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de “Doutor”.

**APROVADA em 09 de fevereiro de 2007**

Prof. Dr. Luiz Antônio Augusto Gomes	DAG - UFLA
Prof. Dr. Luiz Carlos de Oliveira Lima	DCA - UFLA
Prof. Dr. Mário César Guerreiro	DQI - UFLA
Pesquisadora Dra. Neide Botrel Gonçalves	EMBRAPA - Hortaliças

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

**LAVRAS**  
**MINAS GERAIS – BRASIL**

**Aos meus pais, José Maria e Terezinha.**

**Ao meu irmão, Lucas.**

**Ao meu esposo, Fabrício,**

**DEDICO.**

**ORAÇÃO DA SERENIDADE**

**Concedei-me, Senhor, a serenidade  
necessária para aceitar as coisas que não  
posso modificar, coragem para modificar  
aquelas que posso e sabedoria para  
distinguir uma das outras.**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar sempre presente em todos os momentos, iluminando a minha vida e guiando os meus passos.

Aos meus pais, pelo amor incondicional, pela confiança e pelas orações e aos meus familiares, pelo apoio em todas as etapas da minha vida.

Ao meu irmão Lucas e à Milene, por sempre me apoiarem e pelos conselhos.

À minha vovó Mariazinha (*in memoriam*) pelo seu afeto, pelo seu entusiasmo pelas minhas conquistas e por ser exemplo de vida.

Ao Fabrício, por seu amor, cumplicidade, compreensão e incentivo em todas as ocasiões de alegria e tristeza.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA), pela minha formação profissional e por ser minha segunda casa.

À Coordenação e Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao apoio financeiro concedido pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), entidade governamental brasileira promotora do desenvolvimento científico e tecnológico, para a realização deste trabalho.

Meus sinceros agradecimentos ao professor Eduardo Valério de Barros Vilas Boas, por sua orientação, por estar sempre pronto para atender e ensinar, por sua amizade, além da segurança e confiança sempre transmitidas.

Ao co-orientador Professor Mário César Guerreiro, meu eterno agradecimento, principalmente, por sua disponibilidade sempre em ajudar, por seus ensinamentos e por sua amizade.

À co-orientadora Professora Roberta Hilsdorf Piccoli, por sua amizade, disponibilidade, ensinamentos e por auxiliar nas análises microbiológicas.

Ao professor Luiz Carlos de Oliveira Lima, por seus ensinamentos, por sua motivação e por sua amizade.

À professora Vânia Déa de Carvalho, por ter despertado meu interesse pela pesquisa e por sua amizade.

Ao professor Eduardo Mendes Ramos, por sua disponibilidade e seus ensinamentos a respeito da avaliação de cor.

À banca examinadora, pelas sugestões e pelas grandes contribuições.

Aos professores do DCA por seus ensinamentos.

Às minhas queridas amigas e companheiras, Júlia, Natália e Patrícia, meus sinceros agradecimentos, principalmente por tornarem sempre agradáveis os momentos e pelo carinho sempre demonstrado.

Aos amigos do Laboratório de Pós-colheita de Frutas e Hortaliças do DCA da UFLA, Nélio, Luizinho, Edson, Lucas, Daniel, Danilo, Éllen, Juliana Audi, Juliana Alvarenga, Emanuelle, Helô, Clarissa, Alessandra, Daniella, Júlia, Ana Carla, Dilma, Andréa, Elisângela, Marisa, Suzana e Alexandra, pelas trocas de experiência, pelos inúmeros momentos de convívio, de alegria, de diversão, enfim, por todos os momentos agradáveis que serão inesquecíveis.

Em especial, à Professora Maria das Graças Cardoso do Laboratório de Química Orgânica do Departamento de Química da UFLA, pelos ensinamentos e por disponibilizar o uso do aparelho de Clevenger para a extração dos compostos voláteis e o cromatógrafo gasoso para a quantificação destes compostos. Ao Flávio e ao Luiz Gustavo, pela amizade e pela ajuda na realização da análise cromatográfica.

Ao Professor Luiz Cláudio de Almeida Barbosa, ao Técnico José Luiz Pereira e a todos os alunos do Laboratório de Análise e Síntese de Agroquímicos do Departamento de Química da Universidade Federal de Viçosa, pelo

acolhimento, pelos ensinamentos e pela disponibilidade para a utilização da cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas para a identificação dos compostos voláteis.

À Professora Rosane, do Laboratório de Fisiologia e Genética de Microrganismos do Departamento de Biologia da UFLA, pela utilização do cromatógrafo gasoso, para realizar a etapa de análise sensorial dos compostos voláteis.

À Professora Nilda de Fátima Soares, do Laboratório de Embalagens do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Viçosa, pela realização das análises das embalagens. Em especial, ao Washington Azevedo da Silva, por sua amizade, por ter realizado as análises e por sua disponibilidade em ajudar. Também à sua esposa, Cristina, por me acolherem em sua casa nas minhas idas a Viçosa.

Ao Eric Batista Ferreira e ao Marcelo Cirilo, pelos ensinamentos, pela atenção e pelo auxílio na realização das análises estatísticas da análise sensorial.

Aos amigos e padrinhos, Fernando, Silvânia, Anderson e Juliana, principalmente, pelos momentos de alegria, de diversão, de respeito e de desabafo.

Aos funcionários do DCA, pela amizade e convívio. Às laboratoristas Sandra, Tina e Mércia, pela amizade, pela ajuda e pelas sugestões nas análises laboratoriais.

Enfim, a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram e torceram para a concretização deste trabalho.

## SUMÁRIO

	<b>Páginas</b>
RESUMO GERAL .....	i
GENERAL ABSTRACT.....	ii
CAPÍTULO 1 Prolongamento da vida útil e manutenção da qualidade de abobrinha ‘Menina Brasileira’ minimamente processada.....	01
1 Introdução geral .....	02
2 Referencial teórico.....	05
2.1 <i>Cucurbita moschata</i> .....	05
2.2 Produtos minimamente processados.....	06
2.2.1 Histórico do processamento mínimo de frutas e hortaliças .....	10
2.2.2 Alterações físicas, fisiológicas, bioquímicas e nutricionais.....	11
2.2.3 Temperatura de armazenamento .....	16
2.2.4 Atmosfera modificada.....	18
2.2.5 Aspectos microbiológicos.....	21
2.3 Compostos voláteis em frutas e hortaliças.....	25
3 Referências bibliográficas.....	35
CAPÍTULO 2 Influência de três sanificantes na qualidade microbiológica de abobrinha ‘Menina Brasileira’ minimamente processada.....	44
1 Resumo .....	45
2 Abstract.....	46
3 Introdução .....	47
4 Material e métodos.....	49
5 Resultados e discussão.....	52
6 Conclusões .....	56
7 Referências bibliográficas.....	57
CAPÍTULO 3 Efeito dos tipos de corte na qualidade de abobrinha ‘Menina Brasileira’ minimamente processada .....	60
1 Resumo .....	61
2 Abstract.....	62
3 Introdução .....	63
4 Material e métodos.....	65
5 Resultados e discussão.....	68
6 Conclusões .....	80
7 Referências bibliográficas.....	81
CAPÍTULO 4 Qualidade de abobrinha ‘Menina Brasileira’ minimamente processada armazenada sob diferentes temperaturas .....	84
1 Resumo .....	85

2 Abstract .....	86
3 Introdução .....	87
4 Material e métodos.....	89
5 Resultados e discussão.....	92
6 Conclusões .....	106
7 Referências bibliográficas.....	107
CAPÍTULO 5 Uso da atmosfera modificada no prolongamento da vida útil e na manutenção da qualidade de abobrinha ‘Menina Brasileira’ minimamente processada.....	110
1 Resumo .....	111
2 Abstract.....	112
3 Introdução .....	113
4 Material e métodos.....	115
5 Resultados e discussão.....	120
6 Conclusões .....	141
7 Referências bibliográficas.....	142
CAPÍTULO 6 Perfil volátil de abobrinha ‘Menina Brasileira’ minimamente processada ao longo do período de armazenamento .....	144
1 Resumo .....	145
2 Abstract.....	146
3 Introdução .....	147
4 Material e métodos.....	150
5 Resultados e discussão.....	154
6 Conclusões .....	161
7 Referências bibliográficas.....	162
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	165
ANEXOS .....	167

## RESUMO GERAL

VILAS BOAS, Brígida Monteiro. **Prolongamento da vida útil e manutenção da qualidade de abobrinha ‘Menina Brasileira’ minimamente processada.** 2007. 180 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil.\*

Abobrinhas minimamente processadas surgem como alternativa aos consumidores que buscam praticidade no preparo de refeições. O objetivo deste trabalho foi estudar métodos de conservação que prolonguem a vida útil e mantenham a qualidade de abobrinha ‘Menina Brasileira’ minimamente processada, bem como o impacto do tempo de armazenamento sobre o perfil volátil deste produto. As características fisiológicas, químicas, físico-químicas e bioquímicas das abobrinhas minimamente processadas foram mais bem preservadas naquelas fatiadas em comparação às raladas. As abobrinhas foram sanificadas em solução de dicloroisocianurato de sódio  $100 \text{ mg.L}^{-1}$  por 15 minutos antes do processamento mínimo. A necessidade de sanificação das fatias não foi constatada com base em análises microbiológicas. As abobrinhas minimamente processadas foram acondicionadas em embalagens rígidas de polipropileno com tampa do mesmo polímero, pois estas não promovem condições de anaerobiose e determinam melhor aparência e maior aceitabilidade dos produtos. As embalagens contendo as fatias de abobrinha foram armazenadas em câmara fria na temperatura de  $5 \pm 1^\circ\text{C}$  e UR  $90 \pm 5\%$  por até 12 dias. A análise de perfil volátil de abobrinha minimamente processada envolveu a obtenção dos compostos voláteis por hidrodestilação, a quantificação por cromatografia gasosa, a identificação por espectrometria de massas e índices de Kovats e a análise sensorial. De acordo com a técnica de *sniffing*, as substâncias hexanal, trans-hex-2-enal, cis-hex-3-en-1-ol, hexan-1-ol e trans-hex-2-en-1-ol foram consideradas como os possíveis “compostos de caráter-impacto” da abobrinha minimamente processada. O perfil volátil das fatias de abobrinha sofre modificações ao longo do armazenamento, devido às alterações observadas nas porcentagens dos compostos odoríferos. Entretanto, conforme análise sensorial do aroma total, essas alterações não comprometem a qualidade do aroma da abobrinha minimamente processada durante o armazenamento a  $5^\circ\text{C}$  por 15 dias.

---

\*Comitê Orientador: Prof. Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas - DCA/UFLA (orientador), Prof. Dr. Mário César Guerreiro - DQI/UFLA (co-orientador) e Profa. Dra. Roberta Hilsdorf Piccoli - DCA/UFLA (co-orientadora).

## GENERAL ABSTRACT

VILAS BOAS, Brígida Monteiro. **Shelf-life extension and quality maintenance of fresh-cut 'Menina Brasileira' zucchini.** 2007. 180 p. Thesis (Doctor in Food Science) - Federal University of Lavras, Lavras, MG, Brazil.\*

Fresh-cut zucchini appears as alternative to consumers that look for practicality during meals preparation. The goal of this work was to study conservation methods that extend the shelf-life and keep the quality of fresh-cut 'Menina Brasileira' zucchini. Physiological, chemical, physical-chemical and biochemical characteristics of fresh-cut zucchini were better preserved on those sliced in comparison to shredded. Zucchini were sanitized in sodium dichloroisocyanurate solution 100 mg.L<sup>-1</sup> for 15 minutes before processing. The sanitization necessity of slices was not evidenced based on microbiological analysis. Fresh-cut zucchini were placed in rigid polypropylene packages with lid of the same polymer, since those packages did not promote anaerobiosis conditions and determined better appearance and greater acceptability of the products. The packages with zucchini slices were stored in cold chamber at temperature of 5 ± 1°C and 90 ± 5% RH for up to 12 days. The analysis of volatile profile of fresh-cut zucchini involved the obtainment of volatile compounds by hydro-distillation, the quantification by gas chromatography, the identification by mass spectrometry and Kovats index and sensory analysis. Hexanal, trans-hex-2-enal, cis-hex-3-en-1-ol, hexan-1-ol and trans-hex-2-en-1-ol were described as possible "character-impact compounds" in according with the Sniffing technique. The volatile profile of zucchini slices undergoes changes over the storage period, due the modifications observed on odor compounds percentages. However, in accord to sensory analysis of total aroma, those changes did not compromise the quality of aroma of fresh cut zucchini during the storage at 5°C for 15 days.

---

\*Guidance Committee: Prof. Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas - DCA/UFLA (adviser), Prof. Dr. Mário César Guerreiro - DQI/UFLA (co-adviser) e Profa. Dra. Roberta Hilsdorf Piccoli - DCA/UFLA (co-adviser).

## **CAPÍTULO 1**

### **PROLONGAMENTO DA VIDA ÚTIL E MANUTENÇÃO DA QUALIDADE DE ABOBRINHA 'MENINA BRASILEIRA' MINIMAMENTE PROCESSADA**

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

Nos dias atuais, tem-se preconizado muito o consumo de, ao menos, cinco porções diárias de frutas e hortaliças frescas, de acordo com a campanha mundial “5 ao dia”, em virtude dos efeitos benéficos à saúde, por tratarem-se de excelentes fontes de vitaminas, minerais, fibras e fitonutrientes. Diante do exposto, as frutas e hortaliças minimamente processadas surgem como uma alternativa ao aumento do consumo desses alimentos saudáveis.

O processamento mínimo de frutas e hortaliças agrega valor ao produto final pelo fato de aumentar a sua conveniência e reduzir o tempo de preparo das refeições, além de assegurar ao consumidor um produto com notável valor nutricional, saudável, fresco e seguro. Assim, com o aparecimento dos produtos minimamente processados, o consumidor já encontra nos pontos de venda frutas e hortaliças descascadas e cortadas em diferentes tamanhos e formatos, que estão prontas para serem consumidas diretamente ou preparadas.

Um dos maiores problemas dos produtos minimamente processados ou *fresh-cut* é a sua rápida deterioração. As injúrias provocadas nos tecidos, no momento do corte, elevam a taxa respiratória, a produção de etileno e, ainda, promovem reações metabólicas indesejáveis (escurecimento enzimático e perda de firmeza) devido à descompartimentação celular, em que enzimas e substratos entram em contato. Além disso, o processamento mínimo expõe o conteúdo celular propiciando a proliferação de inúmeros microrganismos prejudiciais à saúde humana.

Desse modo, os produtos minimamente processados são mais perecíveis que as frutas e hortaliças intactas, devido aos danos causados nos tecidos por ocasião do corte. Para minimizar os efeitos negativos do processamento mínimo, faz-se necessária a adoção de tecnologias adequadas e, dentre elas, destacam-se

o emprego de embalagem com atmosfera modificada, a sanificação, a refrigeração e o uso de tratamentos químicos para prevenir o amaciamento e o escurecimento enzimático, que têm sido utilizados para manter a qualidade desses produtos e aumentar o seu período de conservação. Os cuidados na hora do processamento também são importantes para a obtenção de produtos de qualidade, como a utilização de instrumentos de corte bem afiados e centrifugação adequada.

Os compostos voláteis são responsáveis pelo aroma das frutas e hortaliças e estes sofrem influências de diversos fatores, como temperatura e composição atmosférica, dentre outros. As alterações do aroma característico das frutas e hortaliças afetam a aceitação destes produtos pelos consumidores. Assim, deve-se estudar o perfil volátil das frutas e hortaliças minimamente processadas durante o armazenamento.

A abobrinha é um fruto imaturo, pouco estudado na pós-colheita. Todavia, ela é muito apreciada pelos consumidores e usada de diversas formas na culinária. Por esta razão, o processamento mínimo de abobrinha surge como alternativa na praticidade do preparo de refeições pelos consumidores. O sucesso na obtenção de abobrinha minimamente processada depende da realização criteriosa de cada etapa do fluxograma de processamento e do uso adequado das tecnologias disponíveis, podendo, assim, garantir uma vida útil suficiente para os consumidores estar adquirindo um produto seguro do ponto de vista microbiológico, com características de frescor e com qualidade sensorial adequada.

O objetivo geral deste trabalho foi estudar a influência de diferentes sanificantes, tipos de corte, embalagens e temperaturas de armazenamento na manutenção da qualidade e prolongamento da vida útil de abobrinha 'Menina brasileira' minimamente processada, bem como o impacto do tempo de armazenamento sobre o perfil volátil deste produto.

Os objetivos específicos deste trabalho foram:

- avaliar a eficácia dos sanificantes, peróxido de hidrogênio, dicloroisocianurato de sódio e hipoclorito de sódio aplicados em fatias de abobrinha, no intuito de manter a qualidade microbiológica durante 15 dias, a 5°C;
- avaliar o efeito de dois tipos de corte (fatiada e ralada) sobre as características fisiológicas, físicas, físico-químicas, químicas e bioquímicas de abobrinha ‘Menina Brasileira’ minimamente processada, mantida a 5°C por 15 dias;
- avaliar a influência de três temperaturas (0°C, 5°C e 10°C) de armazenamento na manutenção da qualidade e prolongamento da vida útil de abobrinhas minimamente processadas, durante 15 dias;
- avaliar o uso de embalagem com atmosfera modificada passiva e ativa na conservação de abobrinhas ‘Menina Brasileira’ minimamente processadas, armazenadas a 5°C, permitindo estabelecer a vida útil desses produtos;
- avaliar o impacto do tempo de armazenamento sobre o perfil volátil de abobrinhas minimamente processadas.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 *Cucurbita moschata*

Dentre as culturas oleráceas tipicamente tropicais, as cucurbitáceas ocupam um lugar de destaque, sendo seus produtos de grande aceitação popular. A abobrinha é um fruto colhido ainda imaturo, pertencente à família Cucurbitaceae, assim como a melancia, o melão, o pepino e a moranga. Quando deixado na planta, o fruto se desenvolve até formar a abóbora madura. É um fruto de fácil digestão, fonte de vitaminas do complexo B, como a niacina (2,9 mg.100 g<sup>-1</sup>), além de possuir 27,8 calorias.100 g<sup>-1</sup> (Filgueira, 2000; Lana et al., 1998; Lana et al., 2006; Luengo et al., 2000).

Duas espécies de abobrinha, usadas para consumo de frutos imaturos, são mais comuns no mercado brasileiro: *Cucurbita moschata*, à qual pertence a cultivar Menina Brasileira, cujos frutos são cilíndricos, medindo cerca de 25 cm de comprimento, e apresentam “pescoço” e a *Cucurbita pepo*, conhecida como abobrinha-italiana, com o fruto alongado, sem “pescoço”. A espécie *Cucurbita moschata* tem como centro de origem a região central do México (Filgueira, 2000; Lana et al., 2006).

As cores da casca da abobrinha vão do verde bem claro, quase branco, até verde médio, com faixas de cor verde mais escuro. Os frutos são muito sensíveis e se danificam com facilidade, apodrecendo rapidamente nas partes injuriadas. O manuseio dos frutos verdes deve ser feito com maior cuidado e em ambientes de umidade relativa elevada, para se evitar as esfoladuras e o murchamento, respectivamente. Durante a comercialização, devem-se escolher os frutos firmes, com a casca de cor brilhante, sem partes escuras ou amolecidas (Lana et al., 2006; Luengo & Calbo, 2001).

A abobrinha pode ser consumida refogada no óleo ou azeite, cozida em

saladas frias, com suflê, frita à milanesa, recheada com outras hortaliças, queijo, ovos cozidos ou qualquer tipo de carne. Também pode ser usada como recheio de pratos assados, tais como bolo, pizza e pastelões (Lana et al., 2006). Visto que a abobrinha é muito apreciada pelos consumidores e usada de diversas formas na culinária, torna-se interessante o seu fornecimento na forma minimamente processada, aumentando, assim, a sua conveniência e a praticidade no preparo de refeições.

## **2.2 Produtos minimamente processados**

Os produtos minimamente processados (*fresh-cut*) são definidos como frutas ou hortaliças ou qualquer combinação destas que tenham sido alteradas fisicamente, embora mantenham o seu estado fresco. Independentemente do produto, ele é selecionado, sanificado, descascado e cortado, resultando num produto 100% aproveitável que, posteriormente, é embalado ou pré-embalado, no intuito de oferecer aos consumidores frescor, conveniência e qualidade nutricional (IFPA, 2006).

Sendo o consumidor o principal foco de atenção do setor agroindustrial, é de fundamental importância acompanhar as mudanças de seu comportamento para atender ao mercado conforme suas necessidades. É neste contexto que se desenvolve o setor de frutas e hortaliças minimamente processadas. No Brasil, a comercialização, atualmente, está ainda restrita aos grandes centros, mas segue a tendência da crescente busca dos consumidores por produtos frescos, saudáveis e práticos, de preparo rápido e de fácil consumo. Nesse sentido, as perspectivas são bastante promissoras. Embora o processamento seja mínimo e a tecnologia aparentemente simples, há uma série de etapas que devem ser realizadas na linha de produção para que os produtos apresentem o frescor esperado, sejam seguros para a saúde e tenham uma vida útil comercialmente viável (Geraldine, 2004).

Segundo pesquisas realizadas a respeito do consumo de produtos minimamente processados no Brasil, observou-se que a tendência pela busca da praticidade proporcionada pelos produtos embalados e pré-processados é mais evidente nos grandes centros urbanos e entre consumidores mais jovens, das classes A/B. Os principais diferenciais percebidos pelos consumidores estão na praticidade e na facilidade de preparo dos pratos, com a utilização dos alimentos pré-processados. Além desses, a higiene e a qualidade dos alimentos foram também mencionadas como importantes fatores de consumo. Pode-se constatar que os pré-processados representam 2,9% do consumo total de frutas e hortaliças no estado de São Paulo (Rojo & Saabor, 2002).

De acordo com o IFPA (2006), as vendas dos produtos minimamente processados alcançaram 10 a 12 bilhões de dólares, em 2003, nos Estados Unidos da América (EUA). Por causa da sua conveniência e qualidade consistente, as saladas embaladas continuam a ser o produto minimamente processado mais popular com venda anual entre 3 e 4 bilhões de dólares.

Segundo Cano et al. (2005), uma dieta rica em frutas e hortaliças pode ser considerada como uma ferramenta importante para prevenir determinadas doenças degenerativas, ainda que, na atualidade, o consumo destes alimentos seja, todavia, baixo com respeito às recomendações em que estão baseadas as dietas denominadas saudáveis. No entanto, a mudança nos padrões de consumo de alimentos tem levado ao maior consumo de frutas e hortaliças em detrimento dos produtos industrializados. Ao mesmo tempo, os consumidores desejam produtos com qualidade e praticidade. Nesse sentido, a demanda por frutas e hortaliças minimamente processadas tem aumentado rapidamente (Jacomino & Arruda, 2004).

A participação crescente das mulheres no mercado de trabalho tem reduzido o tempo disponível para a compra e preparo de frutas e hortaliças para as refeições. Além do mais, a diminuição no tamanho das famílias e a maior

preocupação com a saúde resultam em consumidores mais conscientes e mais exigentes. Para enfrentar esta nova realidade, o mercado de frutas e hortaliças necessita estar atento para atender a todos os tipos de consumidores, oferecendo frutas e hortaliças *in natura* e, também, aqueles produtos desenvolvidos sob medida para serem convenientes (menor tempo de preparo) e com alto valor agregado, ou seja, frutas e hortaliças minimamente processadas, oferecidas aos consumidores finais, de forma prática e atrativa (Silva et al., 2005).

Por questões de custo, comodidade e higiene, as empresas que trabalham com alimentação (restaurantes com sistema de comida a quilo, restaurantes tradicionais e cozinhas industriais), bem como hospitais, clínicas e escolas, estão procurando utilizar frutas e hortaliças minimamente processadas. No segmento institucional, essas hortaliças proporcionam vantagens logísticas, dentre elas, menor necessidade de espaço para armazenamento e menor utilização de mão-de-obra (Silva et al., 2002).

A indústria de produtos minimamente processados apresentou, nos últimos anos, um grande desenvolvimento, motivado pela aceitação dos produtos que oferecem conveniência, segurança e a certeza de se estar consumindo produtos cada vez mais necessários à boa saúde. Isso fez com que o volume de vendas aumentasse de maneira significativa e que se desenvolvesse toda uma cadeia agroindustrial, atestada pelo uso de novos equipamentos, descascadores, fatiadores, cortadores, embaladores, etc. Novas possibilidades de higienização já estão à disposição do interessado, tanto na forma de novos produtos como de novos equipamentos e tecnologias, além da adequação dos equipamentos de proteção individual contra contaminações (máscaras, gorros, aventais, botas e luvas) (Durigan, 2004).

Embora mais caro que o produto a granel, com base no peso, os produtos minimamente processados são frequentemente mais rentáveis para o consumidor devido à redução de desperdício. O seu preparo envolve limpeza, lavagem, corte

e fatiamento, entre outras etapas, muitas das quais aumentam a perecibilidade do produto. Enquanto muitas técnicas de processamento de alimentos estabilizam os produtos e prolongam seu armazenamento e vida útil, o processamento mínimo de frutas e hortaliças aumenta sua perecibilidade (Cantwell & Suslow, 2002; Huxsoll & Bolin, 1989).

Uma gama de razões pode levar o consumidor a optar pelos minimamente processados, como, o tamanho da fruta e da hortaliça, pois, ao comprá-lo numa unidade de comercialização adequada, o consumidor reduz consideravelmente ou, mesmo, elimina o risco de perdas na sua geladeira. Muitas frutas e hortaliças são evitadas em função de seu tamanho e ou peso e dificuldade de descascamento. Uma aparência externa atrativa não garante um produto vegetal com polpa de qualidade. Na compra de frutas e hortaliças já descascadas e ou fatiadas, a qualidade interna pode ser avaliada no momento da compra. Mesmo o processamento agregando valor, o que resulta num produto mais caro, ao se considerar a redução ou eliminação de perdas na mesa do consumidor, a compra de frutas e hortaliças minimamente processadas pode ter um custo final menor (Vilas Boas, 2002).

O armazenamento de produtos minimamente processados em condições adequadas é ponto fundamental para o sucesso dessa tecnologia. Assim, a temperatura, a umidade relativa e a composição atmosférica no interior da embalagem são condições ambientais que podem ser manipuladas para diminuir a respiração do vegetal e minimizar o crescimento microbiano (Shewfelt, 1986). Vários fatores influenciam a qualidade de frutas e hortaliças minimamente processadas, incluindo condições de cultivo e práticas culturais, cultivar e maturidade na colheita, métodos de colheita e manuseio, padrões de inspeção e duração e condições de armazenamento (Shewfelt, 1987).

Segundo Moretti & Puschmann (2006), a qualidade desses produtos depende, sobretudo, da obtenção de matéria-prima de excelente qualidade.

Durante a condução da cultura, devem ser tomados alguns cuidados quanto à nutrição mineral, ao controle fitossanitário e ao manejo de água e solo, entre outros. Diversas hortaliças apresentam susceptibilidade a injúrias de impacto e abrasões, constituindo a colheita o período crítico para a obtenção de matéria-prima de qualidade.

### **2.2.1 Histórico do processamento mínimo de frutas e hortaliças**

Segundo pesquisas de Moretti & Machado (2006), a atividade de processamento mínimo de frutas e hortaliças teve início nos anos 30 do século passado, quando saladas embaladas podiam ser encontradas em quitandas e pequenos mercados, no ano de 1938, na costa Oeste e a partir dos anos 1940, na costa Leste dos EUA. Entretanto, esta atividade começou, realmente, a crescer a partir dos anos de 1950 nos EUA, com o surgimento das redes de alimentação rápida (*fast food*). Desde então, a indústria de minimamente processados percorreu um longo caminho, passando por uma série de mudanças e adaptações.

Nos anos 1950, a atividade de processamento mínimo não possuía embasamento técnico-científico como nos dias atuais e era realizada com base no princípio da tentativa e erro. Nos anos 1970, com o aumento da demanda das redes de *fast food* nos EUA, as empresas começaram a procurar centros de excelência para o desenvolvimento de novas tecnologias, mais baratas e eficientes. Iniciou-se a demanda por saladas prontas e por combinações de hortaliças até então inexistentes. Mais uma vez, as empresas tiveram de se adequar à demanda mercadológica e saíram em busca de novas técnicas de atmosfera modificada que pudessem garantir a vida útil desejada (Moretti & Machado, 2006).

Foi na década de 1980, mais precisamente a partir de 1987, ainda nos

EUA, que a indústria de processamento mínimo deu um grande salto, com a automação do processo de embalagens. Esse foi um dos principais passos para as empresas obterem maior escala de produção e conseguirem atender à demanda crescente do mercado de saladas prontas (Moretti & Machado, 2006).

No Brasil, similarmente ao verificado no mercado norte-americano, o início da atividade de processamento mínimo de frutas e hortaliças ocorreu com a chegada das redes de *fast food*, no final da década de 1970. A partir de meados da década de 1990, iniciou-se, no Brasil, de forma consistente e sistematizada, a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologia de processamento mínimo, o que possibilitou que muitos empresários pudessem atuar no setor de forma mais organizada, sustentável e competitiva (Moretti & Machado, 2006).

### **2.2.2 Alterações físicas, fisiológicas, bioquímicas e nutricionais**

Após a colheita de qualquer parte do vegetal, a respiração torna-se o seu principal processo fisiológico, uma vez que não depende mais da absorção de água e minerais efetuados pelas raízes, da condução de nutrientes pelo sistema vascular, nem da atividade fotossintetizante das folhas da planta-mãe. Portanto, as partes do vegetal adquirem vida independente e utilizam, para tal, suas próprias reservas metabólicas acumuladas nas fases de crescimento e maturação. A energia química liberada pela respiração é captada para dar continuidade aos processos de síntese necessários à sua sobrevivência, notadamente no que se refere à organização celular, à permeabilidade das membranas e ao transporte de metabólitos para os tecidos (Chitarra & Chitarra, 2005).

Nas frutas e hortaliças tradicionalmente processadas, o processo de preservação (calor, congelamento, secagem) mata as células vegetais. Contudo, no processamento mínimo, estas células vegetais ainda estão vivas e devem assim permanecer ou o tecido perderá sua qualidade fresca desejável (Rolle &

Chism III, 1987).

A fisiologia das frutas e hortaliças minimamente processadas é essencialmente, a do tecido ferido. Este tipo de processamento, envolvendo descascamento, fatiamento, entre outros, difere do processamento tradicional, pois o tecido permanece viável (fresco) durante o manuseio subsequente. Assim, o comportamento dos tecidos é, em geral, típico daquele observado em tecidos que tenham sido injuriados ou expostos a condições de estresse, incluindo aumento da respiração e produção de etileno e, em alguns casos, indução dos processos de cura do ferimento (Brecht, 1995; Saltveit, 2003).

Em produtos intactos, a água nos espaços intercelulares não é diretamente exposta à atmosfera exterior. Entretanto, as frutas ou hortaliças cortadas expõem os tecidos internos e drasticamente aumenta a taxa de evaporação de água (Brecht, 1995). As hortaliças minimamente processadas apresentam maior relação superfície/volume do que quando intactas, facilitando ainda mais a perda de água de seus tecidos (Tatsumki et al., 1991).

Como o processo de senescência continua e as estruturas celulares e a integridade das membranas são enfraquecidas, os tecidos tornam-se altamente suscetíveis aos processos de deterioração induzidos pelo estresse e injúrias causados pelas ações físicas do processamento mínimo (Watada et al., 1990). Sem a casca de proteção, a deterioração dos tecidos das frutas e hortaliças minimamente processadas ocorre rapidamente após o corte como resultado das mudanças bioquímicas e fisiológicas induzidas pelo ferimento, dentre elas perda de água, oxidação e invasão microbiana. Quanto maior o grau de processamento, maior a taxa de respiração induzida (Cantwell & Suslow, 2002; Wang, 2006). Assim como para a taxa respiratória, produção de etileno, escurecimento enzimático, perda de firmeza, alterações de cor, enfim, todas as características relacionadas com a aparência final do produto são altamente dependentes do tipo de corte e espessura (Silva et al., 2005).

O dano ou fermento causado durante o preparo aumenta a respiração e a produção de etileno em minutos, com associado aumento nas taxas de outras reações bioquímicas responsáveis por mudanças na cor (incluindo escurecimento), *flavor*, textura e qualidade nutricional (teores de açúcar, ácidos e vitaminas). Geralmente, os produtos minimamente processados têm maiores taxas respiratórias que os correspondentes produtos intactos. As altas taxas de respiração indicam um metabolismo mais ativo e, normalmente, uma taxa de deterioração mais rápida, além de resultar também em perda mais rápida de ácidos, açúcares e outros componentes que determinam a qualidade do *flavor* e valor nutritivo. O aumento da demanda de oxigênio devido às altas taxas respiratórias dos produtos minimamente processados dita que filmes de embalagem com suficiente permeabilidade ao oxigênio sejam requeridos para prevenir a fermentação e odores desagradáveis (Cantwell & Suslow, 2002).

O ferimento mecânico pode induzir uma gama de rotas metabólicas e, logo, promover mudanças no metabolismo. Essas mudanças incluem aumento localizado da respiração no sítio da injúria, produção de etileno estresse, acúmulo de metabólitos secundários e rompimento celular, levando à descompartimentação de enzimas e substratos. Estas respostas ocorrem no sentido de promover a restauração da membrana nos tecidos vegetais. O ferimento também causa perda de água dos tecidos, que afeta a textura e a qualidade nutricional do produto (Rolle & Chism III, 1987). O etileno produzido pelo estresse pode aumentar a permeabilidade das membranas e, talvez, reduzir a biossíntese de fosfolípidos, que pode transtornar o processo dinâmico de estruturas celulares e integridade de membranas (Watada et al., 1990).

Vários componentes secundários (fenólicos simples, flavonóides, aldeídos e outros) também são formados com a ruptura dos tecidos e estão relacionados com a cicatrização do ferimento ou com a defesa aos ataques de microrganismos. Eles são específicos e dependem da espécie, do produto e do

tecido envolvido. Em alguns casos, esses compostos podem afetar o aroma, o sabor, a aparência, o valor nutritivo ou a segurança do produto minimamente processado (Brecht, 1995).

Quando frutas e hortaliças são preparadas como produtos minimamente processados, os conteúdos celulares na superfície cortada podem danificar as células intactas e servir como substrato ideal para o crescimento de microrganismos. Conseqüentemente, essas frutas e hortaliças são, normalmente, enxaguadas para remover o material presente na superfície cortada e a água é removida por centrifugação (Brecht, 1995).

O tamanho do pedaço afeta profundamente a resposta fisiológica das frutas e hortaliças minimamente processadas. Os danos às células próximas à superfície cortada influenciam a vida útil e a qualidade do produto. Baixas temperaturas são necessárias para reduzir as taxas respiratórias, retardar o crescimento microbiano e retardar deteriorações, como escurecimento e amaciamento (Cantwell & Suslow, 2002). A utilização de instrumentos de corte bem afiados é importante para a obtenção de produtos de alta qualidade. Instrumentos sem corte causam maiores danos mecânicos aos produtos, reduzindo sua vida útil. A direção do corte também influencia a vida útil. A durabilidade de pimentão e cenoura cortados no sentido transversal (em rodelas) é maior quando comparada com o corte longitudinal (tipo palito) (Luengo & Lana, 1997).

Evitar a dessecação da superfície cortada de alguns produtos minimamente processados é essencial para manter a aparência visual aceitável, a saber, o desenvolvimento de 'white blush' na superfície de cenouras é o fator limitante na comercialização apesar do uso de embalagens. Entretanto, para a maioria desses produtos, a centrifugação ou outros procedimentos são recomendados para a remoção da água (Brecht, 1995; Cantwell & Suslow, 2002).

Muitos fatores podem afetar a intensidade da resposta ao ferimento em tecidos dos produtos minimamente processados. Entre estes estão espécies e cultivares, estágio de maturidade fisiológica, grau de ferimento, temperatura, concentrações de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> e pressão de vapor d'água. Os tecidos injuriados sofrem aceleradas deteriorações e senescência. As conseqüências negativas do ferimento devem ser minimizadas, resultando em aumento da vida útil e maior manutenção da qualidade nutricional, aparência e *flavor* (Brecht, 1995).

Os diversos processos metabólicos conduzem, na maioria das vezes, a alterações sensoriais importantes. Os produtos minimamente processados de alta qualidade devem possuir aparência fresca e consistente, textura aceitável, sabor e aroma característicos, além de vida útil suficiente para que o produto sobreviva ao sistema de distribuição (Moretti, 2004).

O descasque, o corte e a sanificação do produto vegetal são algumas das etapas do processamento que podem favorecer a perda de nutrientes e compostos fitoquímicos por lixiviação, ou solubilidade na água ou também por eliminação de alguma parte do vegetal (Cano et al., 2005). Segundo Klein (1987), as condições que preservam a qualidade sensorial das frutas e hortaliças minimamente processadas também mantêm o seu valor nutricional.

Entretanto, Gil et al. (2006) mostraram que não existem mudanças significativas no teor de nutrientes importantes, como vitamina C (ácido ascórbico total) ou vitamina A (carotenóides), devido ao processamento mínimo ou durante a vida útil normal do produto. Em geral, produtos minimamente processados visualmente deterioram antes que qualquer perda significativa de nutriente ocorra. A perda de nutriente após a colheita é um processo que ocorre naturalmente, tanto no produto intacto como no cortado. A qualidade nutricional do produto é, geralmente, ótima imediatamente após a colheita. Quanto mais tempo qualquer fruta ou vegetal forem armazenados, maior o declínio na qualidade nutricional. As tecnologias de embalagem, geralmente, não aceleram a

perda de nutriente, ao menos que a embalagem seja usada incorretamente ou temperatura abusiva ocorra. A sanificação com cloro não afeta adversamente a qualidade nutricional de frutas e hortaliças minimamente processadas.

A refrigeração adequada e o uso de embalagem com atmosfera modificada têm sido empregados no controle de alterações fisiológicas indesejáveis que afetam adversamente a qualidade dos produtos minimamente processados. Outras técnicas para redução substancial das injúrias incluem o uso de facas afiadas, a manutenção das condições sanitárias e eficientes lavagem e drenagem (remoção da umidade da superfície) dos produtos cortados (Cantwell & Suslow, 2002).

### **2.2.3 Temperatura de armazenamento**

A refrigeração é a técnica mais importante disponível para minimizar os efeitos do ferimento em frutas e hortaliças minimamente processadas. O controle da resposta ao ferimento é a chave para fornecer um produto minimamente processado de boa qualidade. As baixas temperaturas minimizam as diferenças nas taxas de respiração e de produção de etileno entre os produtos minimamente processados e os intactos; também são essenciais para retardar o crescimento microbiano e a decomposição na superfície cortada (Cantwell & Suslow, 2002).

De acordo com a lei de Van't Hoff ( $Q_{10}$ ), para cada aumento de 10°C na temperatura existe um aumento de duas a três vezes na velocidade das reações metabólicas do produto vegetal, incluindo a respiração (Kader & Saltveit, 2003; Wills et al., 1998). De acordo com Watada et al. (1996), o  $Q_{10}$  da taxa de respiração varia de 2,0 a 8,6 entre várias frutas e hortaliças minimamente processadas.

As taxas de respiração e de deterioração podem ser minimizadas pelo rápido resfriamento do produto e armazenamento a 5°C ou abaixo. O enxágüe

em água fria, após o processamento, pode ser benéfico para abaixar ou ajudar a manter a temperatura. Embora a temperatura seja o principal fator de controle para as taxas respiratórias, atmosferas modificadas também reduzem as taxas (Brecht 1995; Cantwell & Suslow, 2002). O impacto do fermento pode ser reduzido pelo resfriamento do produto antes do processamento. De acordo com Moretti (2002), a técnica de hidroresfriamento retira mais rapidamente o calor de campo do que o resfriamento feito com ar frio e é um procedimento que auxilia consideravelmente na obtenção de um produto com maior vida útil.

As frutas e as hortaliças minimamente processadas são muito mais perecíveis que os produtos intactos porque elas foram sujeitas a severos estresses físicos, como descascamento, corte e fatiamento. Conseqüentemente, estes produtos devem ser mantidos à temperatura mais baixa que aquela recomendada para o produto intacto. Normalmente, 0°C é a temperatura desejável para a maioria deles, mas muitos são preparados e armazenados a 5°C e, às vezes, a temperaturas mais altas, como 10°C (Watada et al., 1996).

Segundo Marrero & Kader (2006), a temperatura tem efeito significativo sobre a taxa de respiração e vida pós-corte. Em geral, todos os produtos minimamente processados devem ser armazenados a 0°C e 5°C para manter sua qualidade, segurança e vida útil. A recomendação de armazená-los tão próximos a 0°C quanto possível também, geralmente, se aplica ao produto sensível ao *chilling*, como pimentões, melões e tomates (Cantwell & Suslow, 2002).

Os produtos minimamente processados devem ser consumidos e usados logo após a remoção do armazenamento refrigerado, sem transferi-los para temperaturas mais elevadas, condições que favorecem o desenvolvimento de sintomas do *chilling* em produtos sensíveis intactos (Barth et al., 2004; Cantwell & Suslow, 2002). Entretanto, para produtos minimamente processados sensíveis ao *chilling* em geral, baixas temperaturas retardam a taxa de deterioração desses produtos mais do que induzem à injúria ao frio, além do quê, os danos causados

por esta desordem são de menor consequência que a rápida deterioração natural causada pela temperatura *non-chilling* (Cantwell & Suslow, 2002; Watada et al., 1996; Watada & Qi, 1999).

#### **2.2.4 Atmosfera modificada**

Para muitas frutas e hortaliças minimamente processadas, a embalagem com atmosfera modificada é um suplemento necessário ao armazenamento à baixa temperatura, ainda mais por reduzir as taxas de deterioração (Cantwell & Suslow, 2002; Kader, 2002). A atmosfera modificada apresenta efeitos diretos nos processos fisiológicos e bioquímicos, bem como na redução da proliferação microbiana e, desse modo, aumenta a vida útil desses vegetais (Jacomino & Arruda, 2004). Geralmente, a redução da taxa respiratória do produto e, conseqüentemente, o prolongamento da vida útil das hortaliças minimamente processadas só ocorrerão quando a concentração de oxigênio (O<sub>2</sub>) ficar abaixo de 8% e a de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) acima de 1% (Silva et al., 2005), considerando que, no ar atmosférico, as concentrações de O<sub>2</sub> e de CO<sub>2</sub> são 21% e 0,03%, respectivamente.

O controle dos processos fisiológicos é fundamental para a conservação de frutas e hortaliças minimamente processadas, uma vez que a superfície exposta é aumentada após o corte, o que facilita a penetração de oxigênio nos tecidos dos produtos (Soares, 2004). Watada & Qi (1999) afirmam que os vegetais minimamente processados podem tolerar níveis mais extremos de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>, pois não apresentam casca para restringir a difusão dos gases e a distância do centro do produto para o lado de fora é menor que no produto intacto, facilitando a difusão dos gases. As atmosferas com 2% a 8% de O<sub>2</sub> e 5% a 15% de CO<sub>2</sub> têm potencial para a preservação da qualidade, embora, para cada vegetal, exista uma atmosfera específica que maximiza sua durabilidade

(Cantwell, 1992).

As atmosferas modificadas podem ser criadas passivamente pelo produto ou ativamente, como descrito a seguir. A modificação da atmosfera de forma passiva é obtida no interior da embalagem selada, como resultado direto do consumo de  $O_2$  e produção de  $CO_2$  pela respiração do produto e das características de permeabilidade do filme à temperatura de armazenamento, até que seja atingida a atmosfera de equilíbrio. Na atmosfera de equilíbrio, a quantidade de  $CO_2$  produzida pelo produto no interior da embalagem é compensada pela sua permeação para o exterior e o consumo de  $O_2$  é compensado pela permeação deste gás para o interior da mesma. Além disso, essa atmosfera deve ser estabilizada rapidamente e sem criar condições de anaerobiose ou injúrias pelo alto nível de  $CO_2$ . No caso da atmosfera ativa, injeta-se uma mistura gasosa no interior da embalagem, com concentrações de  $O_2$  e  $CO_2$  desejadas, após a realização de vácuo parcial, de tal forma que a atmosfera de equilíbrio seja atingida rapidamente (Kader, 2002; Silva et al., 2005; Zagory & Kader, 1988).

O sistema a vácuo leva à diminuição do volume de ar no espaço livre da embalagem, que passivamente é transformado em uma atmosfera modificada com teores de  $O_2$  e  $CO_2$  favoráveis à manutenção da qualidade da fruta e hortaliça. Essa modificação passiva da atmosfera é controlada pela taxa de respiração do produto e pela taxa de permeabilidade a gases da embalagem, na temperatura de armazenamento (Sarantópoulos et al., 1996).

O tipo de embalagem ideal para hortaliças minimamente processadas é aquele que permite manter a concentração de  $O_2$  suficientemente baixa para retardar a respiração, porém, mais alta que a concentração crítica capaz de iniciar o processo anaeróbico (Watada et al., 1996). Durante anaerobiose, o processo é desviado da via oxidativa e segue para a descarboxilação, formando acetaldeído,  $CO_2$  e etanol. Esse tipo de metabolismo conduz, então, ao aumento

de substâncias tóxicas que prejudicam a qualidade do produto, armazenado nessas condições. O nível crítico que pode dar início ao processo anaeróbico é determinado pela taxa respiratória, pela temperatura de armazenamento e pela espécie. A embalagem ideal deve também impedir o acúmulo excessivo de CO<sub>2</sub>, mantendo-o em níveis baixos o suficiente para não provocar distúrbios fisiológicos (Silva et al., 2005).

Para a maioria das hortaliças minimamente processadas (exceto aquelas que toleram baixos níveis de O<sub>2</sub> e altos de CO<sub>2</sub>), uma embalagem adequada deve ser mais permeável ao CO<sub>2</sub> que ao O<sub>2</sub> (Silva et al., 2005), cerca de 3 a 5 vezes, dependendo da atmosfera desejada (Kader, 2002).

A concentração mínima de oxigênio (ponto de extinção) na qual ocorre bloqueio da respiração aeróbica (via ciclo de Krebs), com início da respiração anaeróbica (fermentação) e produção de acetaldeído e etanol, a partir do piruvato, varia entre tecidos, cultivares, espécies, grau de maturação e temperatura (Chitarra & Chitarra, 2005). Níveis reduzidos de O<sub>2</sub> e elevados de CO<sub>2</sub> diminuem o pH do citoplasma, a concentração de ATP e a atividade da piruvato desidrogenase, enquanto a piruvato descarboxilase, a álcool desidrogenase e a lactato desidrogenase são induzidas ou ativadas (Kader & Saltveit, 2003).

O material da embalagem deve, portanto, ter uma taxa de permeabilidade ao O<sub>2</sub> que compensa o consumo deste gás pela respiração e uma taxa ao CO<sub>2</sub> que permita a saída deste gás gerado no processo respiratório. Assim, a concentração de O<sub>2</sub> e de CO<sub>2</sub> não deve ultrapassar os limites de tolerância que cada produto possui por estes gases. Por isso, os materiais usados na confecção das embalagens deverão apresentar propriedades compatíveis de permeabilidade com a atmosfera de equilíbrio que se deseja manter para aumentar a durabilidade do produto. Caso contrário, não será obtida uma atmosfera ótima para o produto em questão (Silva et al., 2005).

A seleção do filme plástico do material de embalagem implica em obter um balanço entre a demanda de oxigênio do produto (consumo de oxigênio pela respiração) e a permeabilidade do filme ao O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>. Vários fatores do produto precisam ser considerados na seleção do filme plástico: a taxa de respiração do produto, a quantidade de produto, e as concentrações de equilíbrio de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> desejável. Já as características do filme plástico incluem a permeabilidade de uma dada espessura do filme ao O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> e vapor d'água a uma dada temperatura, área da superfície total da embalagem selada e o volume livre dentro da embalagem (Cantwell & Suslow, 2002). A embalagem deve ser selecionada de forma que a umidade relativa no seu interior seja elevada, porém, com taxa de transmissão ao vapor d'água suficiente para evitar a condensação da água (Chitarra, 2000).

Além de produzir a adequada composição gasosa em seu interior, aumentando, assim, a conservação do vegetal, há outras características que devem ser consideradas na escolha da embalagem, tais como: soldabilidade, possibilidade de impressão da marca e outras informações, custo compatível, não deixar resíduos ou odor estranho no vegetal, ser transparente, proporcionar adequada proteção do vegetal embalado e, ainda, proporcionar boa apresentação do produto final (Jacomino & Arruda, 2004).

#### **2.2.5 Aspectos microbiológicos**

Nos produtos minimamente processados, o aumento da superfície danificada pelo corte e a disponibilidade de nutrientes celulares fornecem condições que favorecem o crescimento microbiano. Além disso, como o produto é muito manuseado, aumenta a facilidade para a sua contaminação e para o crescimento dos microrganismos, fornecendo, assim, grande oportunidade de contaminação por patógenos humanos como *Escherichia coli*, *Listeria*,

*Yersinia* e *Salmonella* spp., colocando em risco a saúde dos consumidores (Brackett, 1994; Burns, 1995; Cantwell & Suslow, 2002; Nguyen-the & Carlin, 1994; Vanetti, 2002).

Pesquisas realizadas por Paula et al. (2006), Pinto et al. (2006) e Rosa (2004), sobre a qualidade de frutas e hortaliças minimamente processadas comercializadas no Brasil, têm demonstrado que a qualidade microbiológica desses produtos não é satisfatória, devido, principalmente, ao uso de matéria-prima sem qualidade, à sanificação e à manipulação inadequadas dos produtos, às más condições higiênico-sanitárias do ambiente de processamento e dos manipuladores, ao desrespeito à cadeia de frio entre outras causas que favorecem a contaminação. Diversos trabalhos (Beerli et al., 2004; Rodrigues, 2005; Santos, 2003) têm sido desenvolvidos para comprovar a eficácia da etapa de sanificação, bem como de diferentes sanificantes, em reduzir o crescimento de microrganismos deterioradores e patogênicos em produtos minimamente processados e também em assegurar a qualidade microbiológica destes produtos aos consumidores, sem colocar em risco a sua saúde.

As frutas e hortaliças podem ser contaminadas com microrganismos patogênicos enquanto crescem no campo, quando há o contato com solo, água, fezes de animais, insetos e manipuladores ou durante as etapas de colheita, manuseio pós-colheita, processamento e distribuição (Beuchat, 1996). Medidas preventivas precisam ser adotadas para minimizar a contaminação dos produtos em toda a cadeia produtiva. A implantação das Boas Práticas Agrícolas (BPA) responsáveis pela obtenção de matéria-prima de qualidade, das Boas Práticas de Fabricação (BPF), imprescindíveis para uma boa qualidade do produto final e do programa de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) é fundamental para o conhecimento e a prevenção da contaminação e do crescimento microbiano em produtos minimamente processados (Andrade & Antunes, 2006; Vanetti, 2002).

Para conseguir a qualidade microbiológica satisfatória do produto minimamente processado é indispensável o uso de matéria-prima de qualidade, a higienização da sala de processamento, dos equipamentos e dos utensílios, além da higiene pessoal dos manipuladores (Andrade & Antunes, 2006).

A refrigeração é a barreira mais efetiva para prolongar a vida útil de frutas e hortaliças minimamente processadas. As temperaturas de refrigeração contribuem para reduzir a atividade microbiana e as alterações químicas e enzimáticas do próprio vegetal. Isso resulta em maior vida útil e maior qualidade e segurança para o consumidor. A não observação das temperaturas de refrigeração na conservação pode comprometer a segurança microbiológica, por permitir um crescimento microbiano mais rápido. Mas também, temperaturas de refrigeração, mesmo em valores abaixo de 4°C, não garantem a inibição completa do crescimento de microrganismos patogênicos. As baixas temperaturas durante e após o processamento geralmente retardam o crescimento microbiano, mas podem selecionar microrganismos psicrófilos, como *Pseudomonas* e *Listeria monocytogenes*. Por causa desses perigos potenciais, a qualidade microbiológica e a segurança das frutas e hortaliças minimamente processadas são grandes prioridades (Beuchat, 1996; Cantwell & Suslow, 2002; Nguyen-the & Carlin, 1994; Vanetti, 2004).

Além da refrigeração, a atmosfera modificada é amplamente utilizada para a conservação das frutas e hortaliças minimamente processadas, por alterar as proporções relativas dos gases atmosféricos que envolvem o produto. O sucesso da embalagem com atmosfera modificada depende de muitos fatores, incluindo a qualidade inicial do produto, a higiene dos manipuladores, a seleção correta do material de embalagem, uma mistura de gases apropriada para o produto, a confiabilidade do equipamento de embalagem e, principalmente, o controle da temperatura. O CO<sub>2</sub> também é o principal responsável pelo efeito bacteriostático observado em atmosfera modificada, além de retardar a

respiração do produto (Farber, 1991).

A sanificação é uma etapa de relevância no processamento mínimo e o cloro, nas suas várias formas, é o sanificante mais usado em alimentos. Os compostos à base de cloro são germicidas de amplo espectro de ação que reagem com as proteínas da membrana de células microbianas, interferindo no transporte de nutrientes e promovendo a perda de componentes celulares. A efetividade germicida do cloro depende da sua concentração na forma ativa, que é o ácido hipocloroso (HOCl), não dissociado, presente na solução sanificante (Dychdala, 1991).

A atividade antimicrobiana dos produtos clorados depende amplamente da quantidade de cloro livre disponível, particularmente na forma de ácido hipocloroso, que, por sua vez, depende do pH da água e da quantidade de matéria orgânica, além da temperatura da água. Em soluções aquosas, o equilíbrio entre ácido hipocloroso e o íon hipoclorito (OCl<sup>-</sup>) depende do pH, aumentando o primeiro à medida que o pH e a temperatura diminuem. Por esta razão, as soluções de lavagem se ajustam comumente a um pH entre 6,5 e 7,5. Um pH superior a 7,5 somente permite que pequena quantidade de cloro permaneça em sua forma ativa, o qual é rapidamente convertido ao íon hipoclorito, que requer um tempo mais longo para ter atividade antimicrobiana. Um pH inferior a 6,0 induz a formação de gás nocivo (Cl<sub>2</sub>), que não serve como um desinfetante efetivo (Martinez-Téllez et al., 2005).

Os compostos clorados orgânicos, dentre eles o dicloroisocianurato de sódio, apresentam melhor estabilidade ao armazenamento do que os compostos clorados inorgânicos (hipoclorito de sódio). Também são mais estáveis em solução aquosa, implicando em liberação mais lenta de ácido hipocloroso permanecendo efetivos por períodos de tempos maiores. Por outro lado, sendo menos reativas com a matéria orgânica, as cloraminas formam trihalometanos (substância cancerígena) em níveis inferiores aos compostos clorados

inorgânicos. O hipoclorito de sódio, comercializado sob a forma líquida em teores de 1% a 10% de cloro residual total, é o mais usado dentre os compostos clorados inorgânicos. Os compostos clorados, com exceção do dióxido de cloro, apresentam uma forma semelhante de ação bactericida; quando quaisquer produtos clorados inorgânicos ou orgânicos estão em solução aquosa, liberam o ácido hipocloroso, em sua forma não dissociada, que apresenta ação germicida (Andrade & Macêdo, 1996).

O peróxido de hidrogênio é um forte oxidante devido à liberação do oxigênio, sendo há décadas usado como agente bactericida e esporicida. Em concentrações mais baixas, este sanificante atua sobre células vegetativas por meio de um processo de oxidação enérgica dos componentes celulares (Andrade & Macêdo, 1996). O propósito principal do tratamento com peróxido de hidrogênio é prolongar a vida útil por redução da população de microrganismos na superfície do produto (Sapers & Simmons, 1998).

O peróxido de hidrogênio residual em frutas e hortaliças tratadas pode ser eliminado passivamente, pela ação da catalase endógena ou ativamente, pelo enxágüe imediatamente após o tratamento para evitar reações entre o peróxido de hidrogênio e constituintes do alimento que poderão afetar a qualidade ou a segurança do produto. Este sanificante apresenta uma inconveniência: durante a imersão de cogumelos e cubos de melão em solução de peróxido de hidrogênio produz-se uma quantidade abundante de espuma, devido ao O<sub>2</sub> gerado pela reação da catalase (Sapers & Simmons, 1998).

### **2.3 Compostos voláteis em frutas e hortaliças**

O sabor, um fator decisivo na escolha e na aceitação de alimentos e bebidas, é uma resposta integrada, principalmente, à sensação do gosto e do aroma. O gosto é atribuído aos compostos não voláteis nos alimentos, tais como

açúcares, sais, limonina e ácidos, determinando os quatro gostos básicos conhecidos como doce, salgado, amargo e ácido, respectivamente. O aroma é bem mais complexo e é devido a dezenas ou centenas de substâncias voláteis, representantes de várias classes químicas, com diferentes propriedades físico-químicas (Thomazini & Franco, 2000).

Todas as frutas e hortaliças produzem uma gama de compostos de baixo peso molecular (menor que 250) que possuem alguma volatilidade a temperatura ambiente. Estes compostos não são importantes quantitativamente (normalmente menos que 10 mg por 100 g estão presentes), mas são importantes em produzir o *flavor* característico de frutas e hortaliças. Os compostos são principalmente ésteres, álcoois, ácidos e compostos carbonil (aldeídos e cetonas). Na maioria das frutas e hortaliças o aroma característico é devido à presença de um ou dois compostos (Wills et al., 1998).

De acordo com Chitarra & Chitarra (2005), a combinação entre os compostos voláteis e, algumas vezes, a predominância de alguns deles, é que conferem a individualidade ao aroma específico das espécies. O aroma característico destas espécies, ou, mesmo, de diferentes cultivares, é decorrente de um pequeno número desses compostos, designados como “compostos de caráter-impacto”. A importância ou a contribuição relativa de cada substância dependem do limiar da concentração, que pode ser da ordem de uma parte por bilhão (ppb), e da sua interação com outros compostos.

A percepção do aroma depende do impacto individual de cada um dos compostos, mas é o resultado do balanço global entre eles. Nenhum constituinte individual é totalmente responsável pelo aroma característico de um alimento, contudo, em alguns produtos existem um ou mais componentes que, sozinhos, lembram a qualidade característica de seu aroma, e são chamados de compostos de caráter impacto. Os demais compostos necessários para se obter o *flavor* pleno do alimento são chamados de compostos contribuintes. O grande desafio

da pesquisa do *flavor* tem sido identificar, entre todos os compostos voláteis, aqueles que são responsáveis por características sensoriais específicas do produto. Muitas vezes, o *flavor* característico não é dado por compostos majoritários e, sim, por aqueles que estão presentes em concentrações mínimas (ppb), mas possuem alto poder odorífero (Garruti, 2003).

O padrão de mudanças nos componentes do aroma, tanto em quantidade como tipo, durante a maturação, armazenamento e processamento, ainda não é bem definido. Do mesmo modo, também não se conhece, completamente, como cada componente é formado e metabolizado. Assim, mais complicada que a identificação dos numerosos compostos voláteis é a definição das rotas bioquímicas e químicas que levam à sua formação (Chitarra & Chitarra, 2005; Rodriguez-Amaya, 2003).

Os compostos voláteis vêm de diferentes vias metabólicas, como de aminoácidos, ácidos graxos, compostos fenólicos e terpenóides. Os aminoácidos, como a alanina, leucina, isoleucina, valina e fenilalanina, estão envolvidos na síntese de voláteis. A conversão da fenilalanina para éteres fenólicos, como o eugenol, metiléster eugenol e elimicina, é catalisada pela fenilalanina amônia liase, ácido cinâmico-4-hidrolase, fenolase e metil transferase (Baldwin, 2002). O acetato de isoamila, volátil de impacto em banana, é formado a partir do aminoácido leucina (Rodriguez-Amaya, 2003).

A geração enzimática de compostos voláteis a partir de ácidos graxos é uma rota extremamente importante para a formação do sabor característico de frutas e hortaliças durante o amadurecimento. Isso acontece por meio de dois caminhos: oxidação de ácidos graxos insaturados, mediante lipoxigenase e beta oxidação de ácidos graxos de cadeia longa. O desenvolvimento de aroma agradável durante o amadurecimento de frutas, como pêra, pêsego, damasco e maracujá, se dá por meio da beta oxidação de ácidos graxos insaturados de cadeia longa, inicialmente encurtando a cadeia do derivado coenzima A de dois

átomos de carbono de cada vez, e com reação com álcoois, formando ésteres muito importantes no aroma, chegando a ser “compostos de caráter-impacto” (Rodriguez-Amaya, 2003).

Embora o teor de lipídeos seja baixo em tecidos vegetais, seu metabolismo parece ser importante no desenvolvimento do *flavor* durante o armazenamento (Martens & Baardseth, 1987). A gama mais ampla de compostos voláteis, provenientes de lipídeos, surge mediante a atividade de lipoxigenase. A hidroperoxidação de ácido linolênico, promovida por esta enzima, por exemplo, seguida por clivagem catalisada pela hidroperóxido liase, produz trans-hex-2-enal, um aldeído importante no aroma de tomate *in natura*, ou trans-cis-nona-2,6-dienal, importante em pepino (Rodriguez-Amaya, 2003).

De acordo com a Figura 1, na primeira etapa de formação de compostos voláteis pela via da lipoxigenase, a acil hidrolase lipolítica, um grupo de enzimas que inclui lipases, fosfolipases e galactolipases, hidrolisa os triglicerídeos e os fosfolipídeos, para resultar em ácidos graxos livres (Hatanaka, 1993; Kalua et al., 2007).

As lipoxigenases (linoleato:oxigênio oxidorreductase, EC 1.13.11.12) pertencentes à classe das oxirredutases, são dioxigenases que catalisam a adição molecular de oxigênio às moléculas de ácidos graxos poliinsaturados (Figura 1), possuindo isomerismo geométrico, no sistema cis,cis-1,4-pentadieno e contêm ferro não heme, que é necessário para sua atividade catalítica (Feussner & Wasternack, 2002; Siedow, 1991). Estas enzimas introduzem oxigênio molecular no átomo de carbono na posição 9 ou 13 dos ácidos linoléico e linolênico, formando o 9-hidroperóxido (9-HPO) ou 13-hidroperóxido (13-HPO), respectivamente. Estes hidroperóxidos de ácidos graxos são clivados pela ação da hidroperóxido liase (HPL) para produzir aldeídos voláteis e oxoácidos (Feussner & Wasternack, 2002; Matsui et al., 2006).

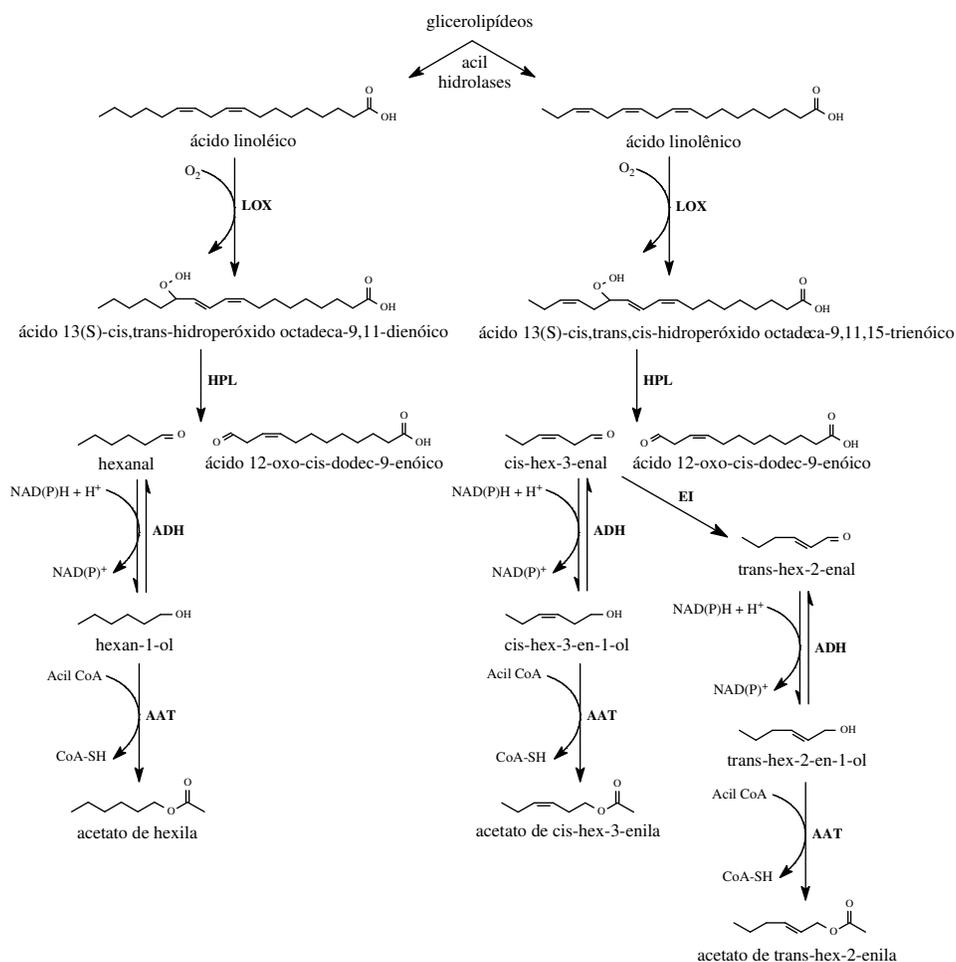


FIGURA 1 Biossíntese de aldeídos, álcoois e ésteres de álcoois voláteis de seis átomos de carbono de ácido linoléico e linolênico pela via da lipoxigenase. Abreviações: LOX, lipoxigenase; HPL, hidroperóxido liase; EI, enal isomerase; ADH, álcool desidrogenase; AAT, álcool acil transferase (Adaptado de Salas et al., 2000).

As HPL podem ser classificadas em três grupos, dependendo da especificidade ao substrato: (1) 13-hidroperóxido liase (13-HPL) que cliva, especificamente, os 13-HPO para formar aldeídos de seis átomos de carbono (C6) e ácido 12-oxo-cis-dodec-9-enóico; (2) 9/13-hidroperóxido liase (9/13-HPL), que pode clivar ambos 13-HPO e 9-HPO quase na mesma eficiência e (3) 9-hidroperóxido liase (9-HPL) que cliva especificamente o 9-HPO, em que o aldeído de nove átomos de carbono (C9) e o ácido-9-oxo-nonanóico são formados (Matsui et al., 2006).

A enzima 9/13 HPL é abundante na família cucurbitaceae entre outras, portanto, os aldeídos C9 são importantes compostos de impacto do *flavor* em pepinos ou melões (Schieberle et al., 1990).

A 13-HPL é comum no reino vegetal e quase toda planta analisada até o momento tem a atividade enzimática (Kalua et al., 2007; Matsui et al., 2006). Esta enzima converte os ácidos linoléico e linolênico a aldeídos C6 saturado (hexanal) e insaturado (cis-hex-3-enal), respectivamente, por meio dos intermediários 13-HPO (Figura 1). O cis-hex-3-enal é instável e sofre rápida isomerização a um composto estável, trans-hex-2-enal, enzimaticamente (cis-3:trans-2 enal-isomerase) (Figura 1) ou não enzimaticamente, por um fator de isomerização (Hatanaka, 1993; Matsui et al., 2006; Williams et al., 2000).

O hexanal, o cis-hex-3-enal e o trans-hex-2-enal podem ser reduzidos a hexanol, cis-hex-3-enol e trans-hex-2-enol, respectivamente, pela ação da álcool desidrogenase (Figura 1), que catalisa a redução reversível de aldeídos voláteis a álcoois voláteis em uma reação dependente de nucleotídeos piridina (Hatanaka, 1993; Kalua et al., 2007; Salas et al., 2000). Os álcoois voláteis podem ser esterificados com unidades acil coenzima A para produzir ésteres voláteis pela ação da álcool acil transferase (Figura 1). Esta enzima tem sido estudada em frutas, como maçã, morango e banana, em que ésteres são componentes importantes de seus aromas (Salas et al., 2000).

Os aldeídos voláteis, provenientes da via da lipoxigenase, são importantes para o *flavor* de tomate, pepino, pimenta e outras hortaliças. Eles também desempenham um papel importante, porém, menos significativo no *flavor* de frutas. Os aldeídos de C6 contribuem para o *flavor* de produtos vegetais com notas de verde e de grama (Baldwin, 2002). Segundo Gray et al. (1999), os aldeídos C6 contribuem muito para a mistura de compostos voláteis que determinam o *flavor* do tomate.

Como foi visto anteriormente, a 13-HPL catalisa a quebra entre os átomos de carbono 12 e 13 dos 13-HPO para produzir um aldeído volátil C6 e um composto C12, ácido 12-oxo-cis-dodec-9-enóico (Figura 1). Este ácido é subsequentemente metabolizado a ácido 12-oxo-trans-dodec-10-enóico, a traumatina, também conhecida como o hormônio do ferimento e pode estar envolvida no processo de sinalização e divisão celular em resposta ao ferimento (Buchanan et al., 2000; Hatanaka, 1993; Zimmerman & Coudron, 1979).

De acordo com Gray et al. (1999), diversas fontes de variação nos compostos voláteis gerados da via da lipoxigenase podem ser postuladas, por exemplo, concentração de substrato, estado físico do substrato ácido graxo (monomérico ou micelar) e a atividade das várias enzimas envolvidas.

Os terpenos, como a maior classe de metabólitos secundários, têm muitos representantes voláteis. A maioria de hemiterpenos (isopreno e 2-metil-3-buten-2-ol), monoterpenos (C10), sesquiterpenos (C15) e até alguns diterpenos (C20) tem alta pressão de vapor em condições atmosféricas normais para permitir a liberação significativa no ar. Os terpenóides voláteis (monoterpenos, sesquiterpenos e alguns diterpenos) são sintetizados a partir de precursores de cinco átomos de carbono pela terpeno sintase, sendo estes precursores derivados de duas vias alternativas, a clássica via do ácido mevalônico, localizada no citosol e a via recentemente descoberta, metil eritritol fostato (MEP), situada no plastídeo. A via da biossíntese dos voláteis terpenóides é convenientemente

realizada em três fases: (1) formação das unidades básicas de cinco átomos de carbono; (2) condensação de duas, três ou quatro unidades básicas para formar prenil difosfatos C10, C15 e C20 e (3) a conversão de prenil difosfatos resultantes em produtos finais (Dudareva et al., 2004). Em algumas frutas, a biossíntese de terpenos e a biodegradação de carotenóides também contribuem para o aroma típico (Rodriguez-Amaya, 2003).

A pesquisa dos constituintes voláteis do *flavor* é bastante complexa, pois, além de apresentarem diferentes propriedades químicas e estarem em quantidades extremamente diminutas, geralmente, os compostos voláteis são termolábeis. Esse tipo de pesquisa compreende quatro etapas fundamentais: a obtenção dos compostos voláteis, a separação por cromatografia, a análise sensorial e a identificação dos compostos voláteis (Thomazini & Franco, 2000).

A separação dos compostos voláteis dos não voláteis é uma etapa necessária, realizada antes da introdução da amostra em um instrumento analítico, visando, basicamente, a eliminação de interferentes e o ajuste da concentração acima do limite detectável. Existem duas abordagens para o isolamento dos compostos voláteis, a análise total e análise do *headspace*. A primeira delas compreende uma análise de todos os compostos voláteis presentes no alimento, enquanto a segunda envolve apenas a análise da fase gasosa em equilíbrio com a fase líquida ou sólida da amostra. Qualquer modificação causada na composição de voláteis da amostra nesta etapa inicial não mais poderá ser corrigida, por mais sofisticados que sejam os instrumentos utilizados nas etapas subsequentes (Franco & Janzanti, 2003).

A análise total, geralmente, utiliza a propriedade comum dos compostos voláteis para separá-los dos não voláteis: a sua volatilidade. Dessa maneira, geralmente, é utilizada alguma forma de destilação para isolar os compostos voláteis. A destilação pode ser feita à pressão atmosférica ou reduzida ou, ainda, por arraste de vapor (aparelho de Clevenger), mas sempre envolve calor e,

portanto, perdas ou alterações significativas podem ocorrer na composição de voláteis, assim como impurezas presentes no solvente podem contaminar o isolado, gerando artefatos. Como o condensado consiste, principalmente, de água, a etapa subsequente do processo é a aplicação de extração por algum solvente para concentrar os compostos voláteis. Conseqüentemente, outras modificações podem ocorrer, devido à seletividade do solvente empregado (Franco & Janzanti, 2003; Simões & Spitzer, 2003).

A mistura complexa de compostos voláteis requer, para a sua separação, a aplicação de metodologia ou técnicas bastante seletivas, sensíveis e eficientes (Thomazini & Franco, 2000). Portanto, a cromatografia gasosa é o método de escolha para separar e quantificar substâncias componentes de compostos voláteis (Simões & Spitzer, 2003).

A partir da separação dos compostos voláteis por cromatografia gasosa, uma avaliação sensorial, realizada por técnicas olfatométricas, pode indicar os compostos voláteis odoríferos, que não precisam apresentar, necessariamente, o aroma característico do produto investigado. De fato, nem todos os picos do cromatograma representam compostos voláteis odoríferos, assim como o tamanho dos picos não é indicativo da contribuição efetiva do composto para a descrição do aroma. A associação da cromatografia gasosa com a olfatometria e, ainda, com a espectrometria de massas pode trazer uma economia de trabalho, permitindo que apenas os compostos sensorialmente importantes sejam identificados por espectrometria de massas (Thomazini & Franco, 2000).

“Sniffing”, “Aroma Extract Dilution Analysis” (AEDA), “Combined Hedonic Response Measurement” (CHARM) e OSME (cheiro, em grego) são conhecidas técnicas olfatométricas baseadas na olfação dos compostos eluídos da coluna cromatográfica. Na análise por “sniffing”, um divisor posicionado na saída da coluna cromatográfica promove a distribuição do fluxo do eluente para um tubo de sílica fundida desativada e para o detector de ionização de chama. O

tubo de sílica permite a comunicação com o ambiente externo e a olfação dos vários compostos eluídos, os quais, simultaneamente, são detectados e registrados. Provadores não treinados utilizam suas próprias palavras para descrever a qualidade odorífera dos compostos voláteis eluídos. As análises olfatométricas por AEDA, CHARM e OSME são mais recentes e permitem determinar tanto a qualidade como a intensidade odorífera dos compostos voláteis, indicando o grau de contribuição de cada composto volátil na formação do aroma (Thomazini & Franco, 2000).

O maior avanço na identificação de compostos voláteis foi iniciado com a associação de cromatógrafos gasosos a espectrômetros de massas. A união dessas duas poderosas técnicas de análise química introduziu uma ferramenta eficaz na separação e na identificação de compostos provenientes de misturas complexas. O seu emprego foi tão conveniente e útil em análise de aromas que a lista de compostos voláteis identificados cresceu acentuadamente, a partir da década de 1970 (Thomazini & Franco, 2000).

Os índices de retenção têm auxiliado na identificação dos compostos, comparando a ordem de eluição experimental com a ordem de eluição indicada na literatura (Thomazini & Franco, 2000). Alguns autores tabelaram grandes listas de índice de Kovats para compostos voláteis, que permitem uma comparação com componentes da amostra. Os valores encontram-se entre 900 (volátil) e 1.900 (menos volátil) (Adams, 1995; Simões & Spitzer, 2003).

### 3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, R. P. **Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectroscopy**. Carol Stream: Allured Publishing Corporation, 1995. 469 p.

ANDRADE, N. J. de; ANTUNES, M. A. Higiene na indústria de alimentos minimamente processados. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS; SIMPÓSIO IBERO-AMERICANO DE VEGETAIS FRESCOS CORTADOS, 4., 2006, São Pedro. **Palestras, Resumos, Fluxogramas e Oficinas...** Piracicaba: USP/ESALQ/CYTED, 2006. p. 50-59.

ANDRADE, N. J. de; MACÊDO, J. A. B. de. **Higienização na indústria de alimentos**. São Paulo: Varela, 1996. 182 p.

BALDWIN, E. Fruit flavor, volatile metabolism and consumer perceptions. In: KNEE, M. **Fruit quality and its biological basis**. Boca Raton: CRC Press, 2002. cap. 4, p. 89-106.

BARTH, M. M.; ZHUANG, H.; SALTVEIT, M. E. Fresh-cut vegetables, **Agriculture Handbook**, n. 66, Apr. 2004. Disponível em: <<http://usna.gov/hb66/contents.html>>. Acesso em: 15 fev. 2006.

BEERLI, K. M. C.; VILAS BOAS, E. V. de B.; PICCOLI, R. H. Influência de sanificantes nas características microbiológicas, físicas e físico-químicas de cebola (*Allium cepa* L.) minimamente processada. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 1, p. 107-112, jan./fev. 2004.

BEUCHAT, L. R. Pathogenic microorganisms associated with fresh produce. **Journal of Food Protection**, Ames, v. 59, n. 2, p. 204-216, Feb. 1996.

BRACKETT, R. E. Microbiological spoilage and pathogens in minimally processed refrigerated fruits and vegetables. In: WILEY, R. C. (Ed.). **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables**. New York: Chapman & Hall, 1994. cap. 7, p. 269-312.

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

BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. **Biochemistry & molecular biology of plants**. Rockville: American Society of Plant Physiologists, 2000. 1367 p.

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

CANO, M. P.; SÁNCHEZ-MORENO, C.; PASCUAL-TERESA, S. de; ANCOS, B. de. Procesado mínimo y valor nutricional. In: GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A.; GARDEA, A. A.; CUAMEA-NAVARRO, F. (Ed.). **Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados**. Hermosillo: CIAD, A. C., 2005. cap. 7, p. 119-152.

CANTWELL, M. I.; SUSLOW, T. V. Postharvest handling systems: fresh-cut fruits and vegetables. In: KADER, A. A. (Ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. 3. ed. Davis, California, 2002. cap. 36, p. 445-463.

CANTWELL, M. Postharvest handling systems: minimally processed fruits and vegetables. In: KADER, A. A. (Ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. 2. ed. Davis: California, 1992. cap. 12, p. 277-281.

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

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. rev. e ampl. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

DUDAREVA, N.; PICHERSKY, E.; GERSHENZON, J. Biochemistry of plant volatiles. **Plant Physiology**, Rockville, v. 135, n. 4, p. 1893–1902, Aug. 2004.

DURIGAN, J. F. Panorama do processamento mínimo de frutas. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 3., 2004, Viçosa. **Palestras, Resumos e Oficinas...** Viçosa: UFV, 2004. p. 9-12.

DYCHDALA, G. R. Chlorine and chlorine compounds. In: **Desinfection sterilization and preservation**. 4. ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1991. p. 131-151.

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

FEUSSNER, I.; WASTERACK, C. The lipoxygenase pathway. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 53, p. 275-297, 2002.

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

FRANCO, M. R. B.; JANZANTTI, N. S. Avanços na metodologia instrumental da pesquisa do sabor. In: FRANCO, M. R. B. **Aroma e sabor de alimentos**: temas atuais. São Paulo: Varela, 2003. cap. 1, p. 17-27.

GARRUTI, D. dos S. Identificação de compostos voláteis importantes ao aroma de suco de frutas tropicais por CG-EM e CG-olfatometria. In: FRANCO, M. R. B. **Aroma e sabor de alimentos**: temas atuais. São Paulo: Varela, 2003. cap. 7, p. 101-112.

GERALDINE, R. M. Processamento mínimo do alho. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 3., 2004, Viçosa. **Palestras, Resumos e Oficinas...** Viçosa: UFV, 2004. p. 63-70.

GIL, M. I.; AGUAYO, E.; KADER, A. A. Quality changes and nutrient retention in fresh-cut versus whole fruits during storage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 54, n. 12, p. 4284-4296, June 2006.

GRAY, D. A.; PRESTAGE, S.; LINFORTH, R. S. T.; TAYLOR, A. J. Fresh tomato specific fluctuations in the composition of lipoxygenase-generated C6 aldehydes. **Food Chemistry**, Oxford, v. 64, n. 2, p. 149-155, Feb. 1999.

HATANAKA, A. The biogenesis of green odour by green leaves. **Phytochemistry**, Oxford, v. 34, n. 5, p. 1201-1218, May 1993.

HUXSOLL, C. C.; BOLIN, H. R. Processing and distribution alternatives for minimally processed fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v. 43, n. 2, p. 124-128, Feb. 1989.

IFPA. 2006. **International fresh-cut produce association**. Disponível em: <<http://www.fresh-cuts.org>>. Acesso em: 15 fev. 2006.

JACOMINO, A. P.; ARRUDA, M. C. de. Aplicações da atmosfera modificada em produtos minimamente processados. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 3., 2004, Viçosa. **Palestras, Resumos e Oficinas...** Viçosa: UFV, 2004. p. 48-52.

KADER, A. A. Modified atmospheres during transport and storage. In: KADER, A. A. (Ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. 3. ed. Davis, California, 2002. cap. 14, p. 135-144.

KADER, A. A.; SALTVEIT, M. E. Atmosphere modification. In: BARTZ, J. A.; BRECHT, J. K. (Eds.). **Postharvest physiology and pathology of vegetables**. 2. ed. New York: Marcel Dekker Inc, 2003. cap. 9, p. 229-246.

KALUA, C. M.; ALLEN, M. S.; BEDGOOD Jr, D. R.; BISHOP, A. G.; PRENZLER, P. D.; ROBARDS, K. Olive oil volatile compounds, flavour development and quality: a critical review. **Food Chemistry**, Oxford, v. 100, n. 1, p. 273-286, Jan. 2007.

KLEIN, B. P. Nutritional consequences of minimal processing of fruits and vegetables. **Journal of Food Quality**, Westport, v. 10, n. 3, p. 179-193, 1987.

LANA, M. M.; NASCIMENTO, E. F.; MELO, M. F. de. **Manipulação e comercialização de hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa-SPI/Embrapa-CNPq, 1998. 47 p.

LANA, M. M.; SANTOS, F. F. dos; LUENGO, R. de F. A.; TAVARES, S. A.; MELO, M. F. de; MATOS, M. J. L. F. **Abobrinha**. Brasília, DF: Embrapa/Hortaliças. In: <[http://www.cnpq.embrapa.br/paginas/dicas\\_ao\\_consumidor/abobrinha.htm](http://www.cnpq.embrapa.br/paginas/dicas_ao_consumidor/abobrinha.htm)>. Acesso em: 18 out. 2006.

LUENGO, R. de F. A.; CALBO, A. G. **Armazenamento de hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2001. 242 p.

LUENGO, R. de F. A.; LANA, M. M. **Processamento mínimo de hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 1997. 3 p. (Comunicado Técnico: 2)

LUENGO, R. de F. A.; PARMAGNANI, R. M.; PARENTE, M. R.; LIMA, M. F. B. F. **Tabela de composição nutricional de hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2000. 4 p. (Embrapa Hortaliças. Documentos, 26)

MARRERO, A.; KADER, A. A. Optimal temperature e modified atmosphere for keeping quality of fresh-cut pineapples. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 39, n. 2, p. 163-168, Feb. 2006.

MARTENS, M.; BAARDSETH, P. Sensory Quality. In: WEICHMANN, J. **Postharvest Physiology of Vegetables**. New York: Marcel Dekker, 1987. cap. 21, p. 427-454.

MARTÍNEZ-TÉLLEZ, M. A.; VARGAS-ARISPURO, I.; CUAMEA-NAVARRO, F.; MORÓN, C. Producción primaria y manejo. In: GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A.; GARDEA, A. A.; CUAMEA-NAVARRO, F. (Ed.). **Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados**. Hermosillo: CIAD, A. C., 2005. cap. 2, p. 17-34.

MATSUI, K.; MINAMI, A.; HORNUNG, E.; SHIBATA, H.; KISHIMOTO, K.; AHNERT, V.; KINDL, H.; KAJIWARA, T.; FEUSSNER, I. Biosynthesis of fatty acid derived aldehydes is induced upon mechanical wounding and its products show fungicidal activities in cucumber. **Phytochemistry**, Oxford, v. 67, n. 7, p. 649-657, Apr. 2006.

MORETTI, C. L. Panorama do processamento mínimo de hortaliças. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 3., 2004, Viçosa. **Palestras, Resumos e Oficinas...** Viçosa: UFV, 2004. p. 1-8.

MORETTI, C. L. Tecnologia de processamento mínimo de minicenouras. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE PÓS-COLHEITA E PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 1., 2002, Brasília. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa/Hortaliças, 2002. 1CD-ROM.

MORETTI, C. L.; MACHADO, C. M. M. Aproveitamento de resíduos sólidos do processamento mínimo de frutas e hortaliças. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS; SIMPÓSIO IBERO-AMERICANO DE VEGETAIS FRESCOS CORTADOS, 4., 2006, São Pedro. **Palestras, Resumos, Fluxogramas e Oficinas...** Piracicaba: USP/ESALQ/CYTED, 2006. p. 25-32.

MORETTI, C. L.; PUSCHMANN, R. Processamento mínimo de hortaliças. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS; SIMPÓSIO IBERO-AMERICANO DE VEGETAIS FRESCOS CORTADOS, 4., 2006, São Pedro. **Palestras, Resumos, Fluxogramas e Oficinas...** Piracicaba: USP/ESALQ/CYTED, 2006. p. 234-239.

NGUYEN-THE, C.; CARLIN, F. The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables. **Critical Reviews in Food Science Nutrition**, Boca Raton, v. 34, n. 4, p. 371-401, 1994.

PAULA, N. R. F. de; VILAS BOAS, E. V. de B.; RODRIGUES, L. J.; CARVALHO, R. A. de; PICCOLI, R. H. Caracterização físico-química e microbiológica de produtos minimamente processados comercializados em gôndolas de supermercados. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS; SIMPÓSIO IBERO-AMERICANO DE VEGETAIS FRESCOS CORTADOS, 4., 2006, São Pedro. **Palestras, Resumos, Fluxogramas e Oficinas...** Piracicaba: USP/ESALQ/CYTED, 2006. p. 184.

PINTO, D. M.; VILAS BOAS, E. V. de B.; DAMIANI, C.; VILAS BOAS, B. M.; RODRIGUES, L. J.; COELHO, C. C. G. M.; PICCOLI, R. H. Avaliação microbiológica de produtos minimamente processados comercializados em Lavras - MG durante a estação da primavera. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS; SIMPÓSIO IBERO-AMERICANO DE VEGETAIS FRESCOS CORTADOS, 4., 2006, São Pedro. **Palestras, Resumos, Fluxogramas e Oficinas...** Piracicaba: USP/ESALQ/CYTED, 2006. p. 184.

RODRIGUES, L. J. **O pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.): ciclo vital e agregação de valor pelo processamento mínimo.** 2005. 152 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Rotas bioquímicas e químicas para a formação de compostos voláteis em alimentos. In: FRANCO, M. R. B. **Aroma e sabor de alimentos: temas atuais.** São Paulo: Varela, 2003. cap. 13, p. 177-194.

ROJO, F.; SAABOR, A. Pesquisa mostra tendência de consumo: hortifrútiis embalados e pré-processados. **SuperHiper**, São Paulo, v. 28, n. 322, p. 8-14, jul. 2002.

ROLLE, R. S.; CHISM III, G. W. Physiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. **Journal of Food Quality**, Westport, v. 10, n. 3, p. 157-177, 1987.

ROSA, O. O.; CARVALHO, E. P. de; DIONÍZIO, F. L.; RIBEIRO, A. C.; BEERLI, K. M. Indicadores de contaminação ambiental e de condições higiênicas insatisfatórias de processamento em hortaliças minimamente processadas. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 18, n. 122, p. 75-84, jul. 2004.

SANTOS, H. P. **Influência da sanificação sobre a qualidade de melão amarelo (*Cucumis melo* L.) minimamente processado**. 2003. 80 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SALAS, J. J.; SÁNCHEZ, J.; RAMLI, U. S.; MANAF, A. M.; WILLIAMS, M.; HARWOOD, J. L. Biochemistry of lipid metabolism in olive and other oil fruits. **Progress in Lipid Research**, Oxford, v. 39, n. 2, p. 151-180, Mar. 2000.

SALTVEIT, M. E. Fresh-cut vegetables. In: BARTZ, J. A.; BRECHT, J. K. (Ed.). **Postharvest physiology and pathology of vegetables**. 2. ed. New York: Marcel Dekker, 2003. cap. 29, p. 691-712.

SAPERS, G. M.; SIMMONS, G. F. Hydrogen peroxide disinfection of minimally processed fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v. 52, n. 2, p. 48-52, Feb. 1998.

SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; ALVES, R. M. V.; OLIVEIRA, L. M. de; GOMES, T. C. **Embalagens com atmosfera modificada**. 2. ed. Campinas: CETEA/ITAL, 1996. 114 p.

SCHIEBERLE, P.; OFNER, S.; GROSCH, W. Evaluation of potent odorants in cucumbers and muskmelons by aroma extract dilution analysis. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 55, n. 1, p. 193-195, Jan./Feb. 1990.

SHEWFELT, R. L. Postharvest treatment for extending the shelf life of fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v. 40, n. 5, p. 70-80, May 1986.

SHEWFELT, R. L. Quality of minimally processed fruits and vegetables. **Journal of Food Quality**, Westport, v. 10, n. 3, p. 143-156, 1987.

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

SILVA, E. de O.; CARNELOSSI, M. A. G.; JACOMINO, A. P.; PUSCHMANN, R.; SOARES, N. de F. F.; ALVES, R. E.; MOSCA, J. L.; FILGUEIRAS, H. A. C.; BASTOS, M. do S. R.; SARRIA, S. D.; YAGUIU, P. Formas de presentación. In: GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A.; GARDEA, A. A.; CUAMEA-NAVARRO, F. (Ed.). **Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados**. Hermosillo: CIAD, A. C., 2005. cap. 3, p. 37-58.

SILVA, E. de O.; CARNELOSSI, M. A. G.; PUSCHMANN, R.; SOARES, N. de F. F.; VANETTI, M. C. D.; MININ, V. P. R.; CAMPOS, R. da S.; CARDOSO, R. A. L. Tecnologia de processamento mínimo de repolho. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE PÓS-COLHEITA E PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 1., 2002, Brasília. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa/Hortaliças, 2002. 1CD-ROM.

SIMÕES, C. M. O.; SPITZER, V. Óleos voláteis. In: SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P. de; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia da planta ao medicamento**. 5. ed. rev. e amp. UFRGS: Porto Alegre, 2003. cap. 18, p. 467-495.

SOARES, N. de F. F. Efeito da embalagem na conservação de produtos minimamente processados. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 3., 2004, Viçosa. **Palestras, Resumos e Oficinas...** Viçosa: UFV, 2004. p. 53-56.

TATSUMKI, Y.; WATADA, A. E.; WERGIN, W. P. Scanning electron microscopy of carrot stick surface to determine cause of white translucent appearance. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 56, n. 5, p. 1357-1362, Sept./Oct. 1991.

THOMAZINI, M.; FRANCO, M. R. B. Metodologia para análise dos constituintes voláteis do sabor. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 34, n. 1, p. 52-59, jan./jun. 2000.

VANETTI, M. C. D. Aspectos microbiológicos de produtos minimamente processados. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE PÓS-COLHEITA E PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 1., 2002, Brasília. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa/Hortaliças, 2002. 1CD-ROM.

- VANETTI, M. C. D. Segurança microbiológica em produtos minimamente processados. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 3., 2004, Viçosa. **Palestras, Resumos e Oficinas...** Viçosa: UFV, 2004. p. 30-32.
- VILAS BOAS, E. V. de B. Tecnologia de processamento mínimo de banana, mamão e kiwi. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE PÓS-COLHEITA E PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 1., 2002, Brasília. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa/Hortaliças, 2002. 1CD-ROM.
- WANG, C. Y. Chilling injury and browning of fresh-cut fruits and vegetables. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS; SIMPÓSIO IBERO-AMERICANO DE VEGETAIS FRESCOS CORTADOS, 4., 2006, São Pedro. **Palestras, Resumos, Fluxogramas e Oficinas...** Piracicaba: USP/ESALQ/CYTED, 2006. p. 68-71.
- WATADA, A. E.; ABE, K.; YAMUCHI, N. Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v. 50, n. 5, p. 116-122, May 1990.
- 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.
- WATADA, A. E.; QI, L. Quality of fresh-cut produce. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 15, n. 3, p. 201-205, Mar. 1999.
- WILLIAMS, M.; SALAS, J. J.; SANCHEZ, J.; HARWOOD, J. L. Lipoxygenase pathway in olive callus cultures (*Olea europaea*). **Phytochemistry**, Oxford, v. 53, n. 1, p. 13-19, Jan. 2000.
- WILLS, R.; McGLASSON, B.; GRAHAM, D.; JOYCE, D. **Postharvest: an introduction to the physiology & handling of fruit, vegetables & ornamentals**. 4. ed. Wallingford: CAB INTERNATIONAL, 1998. 262 p.
- ZAGORY, D.; KADER, A. A. Modified atmosphere packaging of fresh produce. **Food Technology**, Chicago, v. 42, n. 9, p. 70-77, Sept. 1988.
- ZIMMERMAN, D. C.; COUDRON, C. A. Identification of traumatin, a wound hormone, as 12-oxo-trans-10-dodecenoic acid. **Plant Physiology**, Rockville, v. 63, n. 3, p. 536-541, Mar. 1979.

## **CAPÍTULO 2**

### **INFLUÊNCIA DE TRÊS SANIFICANTES NA QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DE ABOBRINHA 'MENINA BRASILEIRA' MINIMAMENTE PROCESSADA**

## 1 RESUMO

VILAS BOAS, Brígida Monteiro. **Influência de três sanificantes na qualidade microbiológica de abobrinha ‘Menina Brasileira’ minimamente processada.** 2007. 180 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil.\*

O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficácia do uso do peróxido de hidrogênio, dicloroisocianurato de sódio e hipoclorito de sódio, na sanificação das fatias de abobrinha ‘Menina Brasileira’. Os frutos foram lavados com detergente neutro e sanificados em solução de dicloroisocianurato de sódio 100 mg.L<sup>-1</sup>, por 15 minutos. As fatias (5 mm de espessura) foram imersas, por 2 minutos, em soluções de peróxido de hidrogênio (3% e 6%) e, por 5 minutos, em soluções de dicloroisocianurato de sódio (50, 100 e 200 mg.L<sup>-1</sup>) e hipoclorito de sódio (25, 50 e 100 mg.L<sup>-1</sup>). As fatias não sanificadas foram consideradas como controle. As embalagens contendo as fatias de abobrinha foram armazenadas em câmara fria, a 5°C, por 15 dias e as análises realizadas a cada três dias, sendo: pH, sólidos solúveis (SS), coliformes a 35°C e a 45°C e pesquisa de *Salmonella* sp. O pH das fatias de abobrinha, independentemente do uso de sanificantes, aumentou durante o armazenamento, enquanto os teores de SS permaneceram praticamente inalterados. Contatou-se a presença de coliformes a 35°C nas fatias controle e nas tratadas com sanificantes. Entretanto, a contaminação por estes microrganismos foi menor que 3,08 ciclos log. Em nenhuma das amostras analisadas, foi detectada a presença de *Salmonella* sp. e de coliformes a 45°C. Conclui-se que fatias de abobrinha não necessitam de sanificação, considerando-se a prévia sanificação dos frutos intactos.

---

\*Comitê Orientador: Prof. Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas - DCA/UFLA (orientador), Prof. Dr. Mário César Guerreiro - DQI/UFLA (co-orientador) e Profa. Dra. Roberta Hilsdorf Piccoli - DCA/UFLA (co-orientadora).

## 2 ABSTRACT

VILAS BOAS, Brígida Monteiro. **Influence of three sanitizers on the microbiological quality of fresh-cut 'Menina Brasileira' zucchini.** 2007. 180 p. Thesis (Doctor in Food Science) - Federal University of Lavras, Lavras, MG, Brazil.\*

The goal of this work was to evaluate the efficacy of the use of hydrogen peroxide, sodium dichloroisocyanurate and sodium hypochlorite, on the sanitization of 'Menina Brasileira' zucchini slices. The fruit were washed with neutral detergent and sanitized in solution of sodium dichloroisocyanurate 100 mg.L<sup>-1</sup>, for 15 minutes. The slices (5 mm of thickness) were dipped, for 2 minutes, in hydrogen peroxide solutions (3% and 6%) and, for 5 minutes, in sodium dichloroisocyanurate solutions (50, 100 and 200 mg.L<sup>-1</sup>) and sodium hypochlorite solutions (25, 50 and 100 mg.L<sup>-1</sup>). The slices non sanitized were considered as control. The packages were stored in cold chamber, at 5°C, for 15 days and the following analysis carried out to each three days: pH, soluble solids (SS), coliforms at 35°C and 45°C and research of *Salmonella* sp. The pH of the slices of zucchini, in spite of the use of sanitizers, increased during the storage, whereas the SS contents remained practically constant. It was verified the presence of coliforms at 35°C on control and sanitized slices. However, the contamination for those microorganisms was lower than 3,08 cycles log. It was not detected the presence of *Salmonella* sp. and coliforms at 45°C on any analyzed samples. Soon, the sanitization of zucchini slices is not necessary, considering the previous sanitization of intact fruit.

---

\*Guidance Committee: Prof. Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas - DCA/UFLA (adviser), Prof. Dr. Mário César Guerreiro - DQI/UFLA (co-adviser) e Profa. Dra. Roberta Hilsdorf Piccoli - DCA/UFLA (co-adviser).

### 3 INTRODUÇÃO

Nos produtos minimamente processados, o aumento da superfície danificada pelo corte e a disponibilidade de nutrientes celulares fornecem condições que favorecem o crescimento microbiano. Além disso, como o produto é muito manuseado, a facilidade de contaminação e de crescimento dos microrganismos aumenta, fornecendo, assim, grande oportunidade de contaminação por patógenos humanos, como *Escherichia coli*, *Listeria*, *Yersinia* e *Salmonella* spp., colocando em risco a saúde dos consumidores (Brackett, 1994; Burns, 1995; Cantwell & Suslow, 2002; Nguyen-the & Carlin, 1994; Vanetti, 2002).

Pesquisas realizadas por Paula et al. (2006), Pinto et al. (2006) e Rosa (2004), sobre a qualidade de frutas e hortaliças minimamente processadas comercializadas no Brasil, têm demonstrado que a qualidade microbiológica destes produtos não é satisfatória, devido principalmente, ao uso de matéria-prima sem qualidade, à sanificação e à manipulação inadequadas dos produtos, às más condições higiênico-sanitárias do ambiente de processamento e dos manipuladores, ao desrespeito à cadeia de frio, entre outras causas que favorecem a contaminação dos produtos minimamente processados. Diversos trabalhos (Beerli et al., 2004; Rodrigues, 2005; Santos, 2003) têm sido desenvolvidos para comprovar a eficácia da etapa de sanificação, bem como de diferentes sanificantes, em reduzir o crescimento de microrganismos deterioradores e patogênicos em produtos minimamente processados e também em assegurar a qualidade microbiológica destes produtos aos consumidores, sem colocar em risco a sua saúde.

Medidas preventivas precisam ser adotadas para minimizar a contaminação dos produtos, sendo a sanificação de suma importância no

processamento mínimo de frutas e hortaliças, por reduzir a carga microbiana presente na superfície do produto. A qualidade microbiológica dos produtos minimamente processados pode ser assegurada usando-se sanificantes à base de cloro, de peróxido de hidrogênio, dentre outros.

Os compostos clorados, com exceção do dióxido de cloro, apresentam uma forma semelhante de ação bactericida; quando quaisquer produtos clorados inorgânicos ou orgânicos estão em solução aquosa, liberam o ácido hipocloroso, em sua forma não dissociada, que apresenta ação germicida. Os compostos clorados orgânicos, dentre eles o dicloroisocianurato de sódio, apresentam melhor estabilidade ao armazenamento do que os compostos clorados inorgânicos (hipoclorito de sódio). Também são mais estáveis em solução aquosa, implicando em liberação mais lenta de ácido hipocloroso, permanecendo efetivos por períodos de tempos maiores. Por outro lado, sendo menos reativas com a matéria orgânica, as cloraminas formam trihalometanos (substância cancerígena) em níveis inferiores aos compostos clorados inorgânicos. O hipoclorito de sódio é o sanificante mais usado em alimentos, dentre os compostos clorados inorgânicos (Andrade & Macêdo, 1996).

O propósito principal do tratamento com peróxido de hidrogênio é prolongar a vida útil por redução da população de microrganismos na superfície do produto. O peróxido de hidrogênio residual em frutas e hortaliças tratadas pode ser eliminado passivamente pela ação da catalase endógena ou ativamente, pelo enxágüe, imediatamente após o tratamento para evitar reações entre o peróxido de hidrogênio e os constituintes do alimento que poderão afetar a qualidade e a segurança do produto (Sapers & Simmons, 1998).

Este trabalho teve por objetivo avaliar a eficácia dos sanificantes peróxido de hidrogênio (3% e 6%), dicloroisocianurato de sódio (50, 100 e 200 mg.L<sup>-1</sup>) e hipoclorito de sódio (25, 50 e 100 mg.L<sup>-1</sup>) aplicados nas fatias de abobrinha, por meio de análises físico-químicas e microbiológicas.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

Abobrinhas ‘Menina Brasileira’ provenientes das Centrais de Abastecimento de Minas Gerais S/A (CEASA-MG), Contagem, MG foram adquiridas no mercado local de Lavras, MG, sem defeitos aparentes. Em seguida, foram transportadas para o Laboratório de Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças, do Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, MG.

O processamento mínimo foi realizado em condições normais de higiene. Os frutos foram lavados em água corrente, com detergente neutro, para a retirada da sujidade; em seguida, foram sanificados em solução de dicloroisocianurato de sódio  $100 \text{ mg.L}^{-1}$ , por 15 minutos e secos à temperatura de  $17^{\circ}\text{C}$ . Em experimento prévio, este sanificante foi definido como o mais eficiente em reduzir a contagem de coliformes a  $35^{\circ}\text{C}$  do fruto inteiro. Apenas o “pescoço” dos frutos foi fatiado manualmente no sentido transversal (5 mm de espessura), com auxílio de faca afiada de aço inoxidável. As fatias não sanificadas foram consideradas controle e as demais fatias foram imersas nos respectivos sanificantes:

- peróxido de hidrogênio 3% (2 min);
- peróxido de hidrogênio 6% (2 min);
- dicloroisocianurato de sódio  $50 \text{ mg.L}^{-1}$  (5 min) pH 6 - cloro ativo  $48 \text{ mg.L}^{-1}$ ;
- dicloroisocianurato de sódio  $100 \text{ mg.L}^{-1}$  (5 min) pH 6 - cloro ativo  $100 \text{ mg.L}^{-1}$ ;
- dicloroisocianurato de sódio  $200 \text{ mg.L}^{-1}$  (5 min) pH 6 - cloro ativo  $190 \text{ mg.L}^{-1}$ ;
- hipoclorito de sódio  $25 \text{ mg.L}^{-1}$  (5 min) pH 7 - cloro ativo  $22 \text{ mg.L}^{-1}$ ;
- hipoclorito de sódio  $50 \text{ mg.L}^{-1}$  (5 min) pH 7 - cloro ativo  $42 \text{ mg.L}^{-1}$ ;
- hipoclorito de sódio  $100 \text{ mg.L}^{-1}$  (5 min) pH 7 - cloro ativo  $90 \text{ mg.L}^{-1}$ .

Após a imersão nos sanificantes, as fatias foram colocadas em peneiras

plásticas por 2 minutos, para a remoção do excesso de líquido. As fatias foram acondicionadas em embalagem rígida de polipropileno (15 x 11,5 x 4,5 cm) com tampa rígida do mesmo polímero previamente sanificada com hipoclorito de sódio 300 mg.L<sup>-1</sup>. O armazenamento das embalagens foi feito em câmara fria, a 5 ± 1°C (UR 90 ± 5%), por 15 dias e as análises realizadas a cada 3 dias.

As análises de pH e sólidos solúveis foram realizadas no Laboratório de Fisiologia Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças do DCA/UFLA.

**pH (AOAC, 1992)** - pHmetro B474 Micronal.

**Sólidos solúveis (AOAC, 1992)** - refratômetro digital ATAGO PR-100 com compensação automática de temperatura, a 25°C e os resultados em °Brix.

As avaliações de pH e sólidos solúveis foram feitas a partir do homogenato filtrado que foi obtido após a trituração da fatia em homogeneizador de tecidos na proporção 1:5 (fatia:água).

As análises microbiológicas foram realizadas no Laboratório de Microbiologia de Alimentos do DCA/UFLA e consistiram de:

**Coliformes a 35°C e a 45°C (ICMSF, 1982)** - o preparo da amostra foi feito homogeneizando-se 25 g de fatias de abobrinha em 225 mL de água peptonada 0,1% estéril e feitas as diluições seriadas para inoculação. Os coliformes a 35°C foram quantificados utilizando-se a técnica do número mais provável (NMP). O teste presuntivo foi realizado com a inoculação de alíquotas da amostra em três séries de três tubos, contendo tubos de Durhan e caldo lauril sulfato triptose, sendo incubados em estufa a 35°C, por 24 a 48 horas. Consideravam-se tubos positivos para o teste presuntivo de coliformes a 35°C aqueles que apresentaram turvação e formação de gás. Os coliformes a 45°C foram quantificados, utilizando-se a técnica do NMP. Alíquotas foram transferidas dos tubos positivos do teste presuntivo para tubos contendo caldo *Escherichia coli*, com tubos de Durhan; os tubos foram incubados em banho-maria, a 45°C, por 24 a 48 horas. Consideravam-se tubos positivos para coliformes a 45°C aqueles que

apresentavam-se com turvação e formação de gás. Os resultados foram expressos em NMP.g<sup>-1</sup> de polpa.

**Pesquisa de *Salmonella* sp. (ICMSF, 1982)** – primeiramente, realizou-se um pré-enriquecimento, em que foram homogeneizados 25g de fatias de abobrinha em 225 mL de água peptonada tamponada, incubando-se a 35°C, por 24 horas. Após este período, 1 mL do crescimento obtido foi transferido para um tubo contendo 9 mL de caldo Rappaport-Vassiliadis e 1 mL para um tubo contendo 9 mL de caldo tetrionato, incubando-os a 35°C, por 24 horas. Após a incubação, alíquotas de cada tubo foram retiradas, com auxílio da alça de platina, para a realização de estrias nas placas de Petri contendo o Rambach ágar, incubando-as a 35°C, por 24 horas. Em seguida, observou-se a presença ou ausência de colônias típicas de *Salmonella* sp., pesquisa realizada somente no tempo zero e quinze dias de armazenamento.

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados (DBC), com 2 blocos, montados com diferença de 30 dias. Os tratamentos foram dispostos por um fatorial 9 x 6, constituídos pelos fatores sanificante (controle, peróxido de hidrogênio 3% e 6%, dicloroisocianurato de sódio 50, 100 e 200 mg.L<sup>-1</sup> e hipoclorito de sódio 25, 50 e 100 mg.L<sup>-1</sup>) e tempo de armazenamento (0, 3, 6, 9, 12 e 15 dias). A parcela experimental foi constituída por uma embalagem contendo, aproximadamente, 110 g de fatias de abobrinha. Foram realizadas análises estatísticas das variáveis pH e sólidos solúveis, com auxílio do programa Sisvar (Ferreira, 2000). Os resultados dos coliformes a 35°C foram expressos em média aritmética do NMP.g<sup>-1</sup> de polpa dos dois blocos, que foi transformada, em log<sub>10</sub>.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação significativa entre os fatores sanificantes e tempo de armazenamento, mas efeito isolado apenas do fator tempo de armazenamento sobre as variáveis pH e sólidos solúveis. O pH aumentou linearmente de 6,25 a 6,52, ao longo do armazenamento (Figura 1A) das fatias de abobrinha. Esse aumento foi atribuído ao processo respiratório das abobrinhas minimamente processadas, em que, possivelmente, houve consumo de ácidos orgânicos. Não houve ajuste estatístico para os valores médios de sólidos solúveis ao longo do tempo de armazenamento (Figura 1B). Os teores de sólidos solúveis permaneceram praticamente inalterados durante o armazenamento, entre 3,19° e 3,25°Brix.

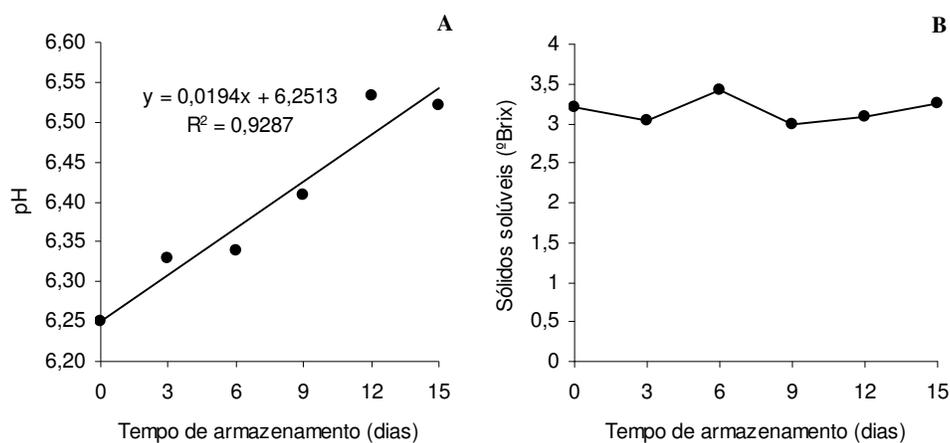


FIGURA 1 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação de pH (A) e sólidos solúveis (B) de abobrinha ‘Menina Brasileira’ minimamente processada, tratada com diferentes sanificantes e armazenada a  $5 \pm 1^\circ\text{C}$  e UR  $90 \pm 5\%$ , durante 15 dias.

Resultados semelhantes ao encontrado neste trabalho também foram observados por Beerli et al. (2004), ao estudar a influência de sanificantes nas características microbiológicas, físicas e físico-químicas de cebola minimamente processada, em que os sanificantes peróxido de hidrogênio (2%, 4% e 6%) e dicloroisocianurato de sódio (50 e 100 mg. L<sup>-1</sup>) não afetaram significativamente os teores de sólidos solúveis deste produto e que os valores de pH mantiveram-se praticamente estáveis ao longo do armazenamento a 4°C, por 7 dias,.

As análises de coliformes a 35°C e a 45°C e pesquisa de *Salmonella* sp. foram realizadas com o intuito de verificar a qualidade microbiológica dos produtos minimamente processados com base no padrão microbiológico especificado na Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 12, de 02 de janeiro de 2001 (Brasil, 2001), considerando-se, ainda, coliformes a 35°C e 45°C como microrganismos indicadores. Estes quando presentes em um alimento, podem fornecer informações sobre a ocorrência de contaminação de origem fecal e sobre a provável presença de patógenos.

Constatou-se a presença de coliformes a 35°C nas fatias de abobrinha, controle e tratadas com diferentes sanificantes, ao longo do período de armazenamento (Tabela 1). O sanificante dicloroisocianurato de sódio 100 mg.L<sup>-1</sup> reduziu a carga de coliformes a 35°C em 2,22 ciclos log, logo após o processamento/sanificação, em comparação ao controle, mostrando-se o mais eficiente em reduzir a contaminação inicial desses microrganismos. Não obstante, flutuações nas contagens de coliformes a 35°C, nunca superiores a 3,08 ciclos log, foram observadas ao longo do armazenamento, a despeito do sanificante utilizado. Ressalta-se que todos os frutos, incluindo os frutos controle, passaram por sanificação antes do processamento, com dicloroisocianurato de sódio 100 mg.L<sup>-1</sup>, por 15 minutos. Deste modo, pode-se observar que a prévia sanificação dos frutos intactos, foi o bastante para garantir a sua qualidade microbiológica.

TABELA 1 Coliformes a 35°C ( $\log_{10}$  NMP.g<sup>-1</sup>) em fatias de abobrinha controle e submetidas a diferentes sanificantes e mantidas a  $5 \pm 1^\circ\text{C}$  (UR 90  $\pm 5\%$ ) por 15 dias.

Sanificantes	Tempo de armazenamento (dias)					
	0	3	6	9	12	15
Controle	2,76	1,68	2,40	3,08	2,37	2,36
Peróxido de hidrogênio 3%	1,76	1,37	1,97	2,38	0,54	3,08
Peróxido de hidrogênio 6%	2,36	0,90	1,97	1,76	1,20	1,20
Dicloroisocianurato de sódio 50 mg.L <sup>-1</sup>	3,08	1,04	1,97	2,37	0,78	0,81
Dicloroisocianurato de sódio 100 mg.L <sup>-1</sup>	0,54	1,37	1,18	1,71	1,11	3,08
Dicloroisocianurato de sódio 200 mg.L <sup>-1</sup>	2,10	1,36	1,36	1,69	3,08	2,08
Hipoclorito de sódio 25 mg.L <sup>-1</sup>	1,46	1,20	0,78	1,90	1,36	1,83
Hipoclorito de sódio 50 mg.L <sup>-1</sup>	2,74	1,28	1,97	1,83	1,83	2,54
Hipoclorito de sódio 100 mg.L <sup>-1</sup>	1,20	0,81	2,09	0,81	1,36	1,36

O grupo de coliformes a 35°C inclui cerca de 20 espécies, dentre as quais encontram-se tanto bactérias originárias do trato gastrointestinal de animais de sangue quente como também diversos gêneros e espécies de bactérias não entéricas. Por essa razão, sua enumeração em água e alimentos é menos representativa, como indicação de contaminação fecal, do que a enumeração de coliformes a 45°C ou *Escherichia coli* (Silva et al., 1997). A presença de coliformes a 35°C nas abobrinhas minimamente processadas pode estar relacionada à microbiota natural presente neste produto no campo. As espécies microbianas que prevalecem sobre frutas e hortaliças minimamente processadas são também geralmente encontradas sobre o vegetal no campo ou após a colheita e, provavelmente, originam-se da microbiota epifítica do material cru. *Pseudomonas fluorescens*, *Enterobacter agglomerans* e *Erwinia herbicola* são componentes principais desta microbiota (Nguyen & Carlin, 1994).

Neste experimento, não foi detectada a presença de coliformes a 45°C em nenhuma amostra analisada, nem a presença de *Salmonella* sp. em 25 g de polpa no primeiro e último dias de armazenamento. Esses resultados estão de acordo com o padrão microbiológico estabelecido pela RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001, que especifica um limite máximo tolerado para coliformes a 45°C de  $5,0 \times 10^2$  NMP.g<sup>-1</sup> e ausência de *Salmonella* sp. em 25 g para frutas, produtos de frutas e similares: “frescos, *in natura*, preparados (descascados ou selecionados ou fracionados), sanificados, refrigerados ou congelados, para consumo direto” (Brasil, 2001).

Portanto, o uso de matéria-prima de qualidade e com baixo nível de contaminação, as condições sanitárias adequadas do ambiente de processamento, juntamente com a adoção das boas práticas agrícolas e de fabricação e o respeito à cadeia de frio, permitem a oferta de um produto de qualidade e com vida útil apropriada, não apresentando risco à saúde dos consumidores.

## **6 CONCLUSÃO**

Fatias de abobrinha não necessitam de sanificação, considerando-se a prévia sanificação dos frutos intactos.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, N. J. de; MACÊDO, J. A. B. de. **Higienização na indústria de alimentos**. São Paulo: Varela, 1996. 182 p.

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

BEERLI, K. M. C.; VILAS BOAS, E. V. de B.; PICCOLI, R. H. Influência de sanificantes nas características microbiológicas, físicas e físico-químicas de cebola (*Allium cepa* L.) minimamente processada. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 1, p. 107-112, jan./fev. 2004.

BRACKETT, R. E. Microbiological spoilage and pathogens in minimally processed refrigerated fruits and vegetables. In: WILEY, R. C. (Ed.). **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables**. New York: Chapman & Hall, 1994. cap. 7, p. 269-312.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 12, de 02 jan. 2001**. Regulamento técnico sobre os padrões microbiológicos para alimento. Disponível em: <[http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12\\_01rdc.htm](http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12_01rdc.htm)>. Acesso em: 15 fev. 2006.

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

CANTWELL, M. I.; SUSLOW, T. V. Postharvest handling systems: fresh-cut fruits and vegetables. In: KADER, A. A. (Ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. 3. ed. Davis: California, 2002. cap. 36, p. 445-463.

CANTWELL, M. Preparation and quality of fresh-cut produce. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa. **Palestras...** Viçosa: UFV, 2000. p. 156-182.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR para windows versão 4. 0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Programa e Resumo...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 235.

INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOODS – ICMSF. **Microorganisms in foods**. 2. ed. Toronto: University of Toronto, 1982. 436 p.

NGUYEN-THE, C.; CARLIN, F. The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables. **Critical Reviews in Food Science Nutrition**, Boca Raton, v. 34, n. 4, p. 371-401, 1994.

PAULA, N. R. F. de; VILAS BOAS, E. V. de B.; RODRIGUES, L. J.; CARVALHO, R. A. de; PICCOLI, R. H. Caracterização físico-química e microbiológica de produtos minimamente processados comercializados em gôndolas de supermercados. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS; SIMPÓSIO IBERO-AMERICANO DE VEGETAIS FRESCOS CORTADOS, 4., 2006, São Pedro. **Palestras, Resumos, Fluxogramas e Oficinas...** Piracicaba: USP/ESALQ/CYTED, 2006. p. 184.

PINTO, D. M.; VILAS BOAS, E. V. de B.; DAMIANI, C.; VILAS BOAS, B. M.; RODRIGUES, L. J.; COELHO, C. C. G. M.; PICCOLI, R. H. Avaliação microbiológica de produtos minimamente processados comercializados em Lavras - MG durante a estação da primavera. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS e SIMPÓSIO IBERO-AMERICANO DE VEGETAIS FRESCOS CORTADOS, 4., 2006, São Pedro. **Palestras, Resumos, Fluxogramas e Oficinas...** Piracicaba: USP/ESALQ/CYTED, 2006. p. 184.

RODRIGUES, L. J. **O pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.): ciclo vital e agregação de valor pelo processamento mínimo**. 2005. 152 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

ROSA, O. O.; CARVALHO, E. P. de; DIONÍZIO, F. L.; RIBEIRO, A. C.; BEERLI, K. M. Indicadores de contaminação ambiental e de condições higiênicas insatisfatórias de processamento em hortaliças minimamente processadas. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 18, n. 122, p. 75-84, jul. 2004.

SANTOS, H. P. **Influência da sanificação sobre a qualidade de melão amarelo (*Cucumis melo* L.) minimamente processado**. 2003. 80 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SAPERS, G. M.; SIMMONS, G. F. Hydrogen peroxide disinfection of minimally processed fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v. 52, n. 2, p. 48-52, Feb. 1998.

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

VANETTI, M. C. D. Aspectos microbiológicos de produtos minimamente processados. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE PÓS-COLHEITA E PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 1., 2002, Brasília. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa/Hortaliças, 2002. 1CD-ROM.

## **CAPÍTULO 3**

### **EFEITO DOS TIPOS DE CORTE NA QUALIDADE DE ABOBRINHA 'MENINA BRASILEIRA' MINIMAMENTE PROCESSADA**

## 1 RESUMO

VILAS BOAS, Brígida Monteiro. **Efeito dos tipos de corte na qualidade de abobrinha ‘menina brasileira’ minimamente processada.** 2007. 180 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil.\*

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de dois tipos de corte sobre as características fisiológicas, físicas, físico-químicas, químicas e bioquímicas de abobrinha ‘Menina Brasileira’ minimamente processada. Os frutos foram sanificados antes e após o corte, com dicloroisocianurato de sódio  $100 \text{ mg.L}^{-1}$  por 15 e 5 minutos, respectivamente. Apenas o “pescoço” dos frutos foi fatiado (5 mm de espessura) e ralado (tiras de 5 mm de largura e 4 cm de comprimento). As abobrinhas fatiadas e raladas foram acondicionadas em embalagens rígidas de polipropileno, com tampa do mesmo polímero (15 x 11,5 x 4,5 cm). O armazenamento das embalagens contendo o produto minimamente processado foi feito em câmara fria, a  $5^{\circ}\text{C}$ , por 15 dias. Pode-se concluir que abobrinhas ‘Menina Brasileira’ fatiadas apresentam menor taxa respiratória, maiores teores de acidez titulável e sólidos solúveis e menor solubilização pécica e atividade da fenilalanina amônia liase, em comparação às raladas.

---

\*Comitê Orientador: Prof. Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas - DCA/UFLA (orientador), Prof. Dr. Mário César Guerreiro - DQI/UFLA (co-orientador) e Profa. Dra. Roberta Hilsdorf Piccoli - DCA/UFLA (co-orientadora).

## 2 ABSTRACT

VILAS BOAS, Brígida Monteiro. **Effect of the types of cut on the quality of fresh-cut 'Menina Brasileira' zucchini.** 2007. 180 p. Thesis (Doctor in Food Science) - Federal University of Lavras, Lavras, MG, Brazil.\*

The goal of this work was to evaluate the effect of two types of cut on the physiological, physical, physical-chemical, chemical and biochemical characteristics of fresh-cut 'Menina Brasileira' zucchini. The fruits were sanitized, before and after cutting, with sodium dichloroisocyanurate 100 mg. L<sup>-1</sup> for 15 and 5 minutes, respectively. Only "necks" of the fruits were sliced (5 mm of thickness) and shredded (strips of 5 mm of width and 4 cm of length). Sliced and shredded zucchini were placed in rigid polypropylene packages, with rigid lid made up with the same polymer (15 x 11,5 x 4,5 cm). Packed fresh-cut product was stored in cold chamber, at 5°C, for 15 days. It can be concluded that 'Menina Brasileira' zucchini sliced present lower respiration rate, higher titratable acidity and soluble solids and lower pectic solubilization and phenylalanine ammonia lyase, in comparison to shredded.

---

\*Guidance Committee: Prof. Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas - DCA/UFLA (adviser), Prof. Dr. Mário César Guerreiro - DQI/UFLA (co-adviser) e Profa. Dra. Roberta Hilsdorf Piccoli - DCA/UFLA (co-adviser).

### 3 INTRODUÇÃO

Os produtos minimamente processados são definidos como frutas e hortaliças frescas que tenham sido descascadas, cortadas, sanificadas e embaladas constituindo um produto 100% aproveitável. As frutas e hortaliças minimamente processadas oferecem aos consumidores alimentos altamente nutritivos, convenientes e saudáveis, mantendo ainda o frescor que as pessoas desejam do produto (IFPA, 2006).

A abobrinha (*Cucurbita moschata*) é um fruto colhido ainda imaturo, pertencente à família Cucurbitaceae. Quando deixado na planta, o fruto se desenvolve até formar a abóbora madura. É um fruto de fácil digestão, fonte de vitaminas do complexo B, como a niacina (Filgueira, 2000; Lana et al., 2006). Visto que a abobrinha é muito apreciada pelos consumidores e usada de diversas formas na culinária, entre elas, refogada no óleo e frita à milanesa, torna-se interessante o seu fornecimento na forma minimamente processada, aumentando, assim, a sua conveniência e a praticidade no preparo de refeições.

A participação crescente das mulheres no mercado de trabalho tem reduzido o tempo disponível para a compra e o preparo de frutas e hortaliças para as refeições. Além do mais, a diminuição no tamanho das famílias e a maior preocupação com a saúde resultam em consumidores mais conscientes e mais exigentes. Para enfrentar esta nova realidade, o mercado de frutas e hortaliças necessita estar atento para atender a todos os tipos de consumidores, oferecendo frutas e hortaliças *in natura* e, também, aqueles produtos desenvolvidos sob medida para serem convenientes (menor tempo de preparo) e com alto valor agregado (Silva et al., 2005).

A característica mais importante dos produtos vegetais após a colheita é o fato de serem órgãos vivos e, conseqüentemente, apresentarem função

metabólica ativa (Chitarra & Chitarra, 2005). O processamento mínimo promove um acentuado aumento na taxa respiratória dos produtos vegetais advindo do dano causado nos tecidos no momento do corte.

A fisiologia das frutas e hortaliças minimamente processadas é, essencialmente, a do tecido ferido. Esse tipo de processamento, envolvendo descascamento, fatiamento, entre outros, difere do processamento tradicional, pois o tecido permanece viável (ou fresco) durante o manuseio subsequente. Assim, o comportamento dos tecidos é em geral típico daquele observado em tecidos vegetais que tenham sido injuriados ou expostos a condições de estresse, incluindo aumento da respiração e produção de etileno e, em alguns casos, indução dos processos de cura do ferimento (Brecht, 1995).

De acordo com Cantwell & Suslow (2002), quanto maior o grau de processamento, maior a taxa de respiração induzida. As altas atividades respiratórias indicam um metabolismo mais ativo e, normalmente, uma taxa de deterioração mais rápida, podendo também resultar em perdas mais rápida de ácidos, açúcares e outros componentes que determinam a qualidade do *flavor* e valor nutritivo.

A refrigeração adequada e o uso de embalagem com atmosfera modificada têm sido empregados no controle de alterações fisiológicas indesejáveis que afetam adversamente a qualidade dos produtos minimamente processados. Outras técnicas para a redução substancial das injúrias incluem o uso de facas afiadas, a manutenção das condições sanitárias e eficientes lavagem e remoção do excesso de umidade presente na superfície dos produtos cortados (Cantwell & Suslow, 2002).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de dois tipos de corte (fatiada e ralada) sobre as características fisiológicas, físicas, físico-químicas, químicas e bioquímicas de abobrinha ‘Menina Brasileira’ minimamente processada armazenada a 5°C, durante 15 dias.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

Abobrinhas ‘Menina Brasileira’ provenientes das Centrais de Abastecimento de Minas Gerais S/A (CEASA-MG), Contagem, MG foram adquiridas no mercado local de Lavras, MG, com ausência de injúrias físicas. Os frutos foram transportados para o Laboratório de Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças, do Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

Todo o processamento mínimo foi realizado em condições normais de higiene. As abobrinhas foram lavadas em água corrente com detergente neutro e, em seguida, sanificadas em solução de dicloroisocianurato de sódio  $100 \text{ mg.L}^{-1}$ , por 15 minutos e secas à temperatura de  $18^{\circ}\text{C}$ . Apenas o “pescoço” dos frutos foi fatiado manualmente no sentido transversal (5 mm de espessura), com auxílio de faca afiada de aço inoxidável e ralado manualmente (tiras de 5 mm de largura e 4 cm de comprimento), em ralador doméstico de plástico. As abobrinhas, fatiadas e raladas, foram imersas em solução de dicloroisocianurato de sódio  $100 \text{ mg.L}^{-1}$ , por 5 minutos e, logo, após foram colocadas em peneira plástica, para eliminar o excesso de água presente no produto. Em seguida, foram acondicionadas em embalagem rígida de polipropileno (15 x 11,5 x 4,5 cm) com tampa rígida do mesmo polímero previamente sanificada com hipoclorito de sódio  $300 \text{ mg.L}^{-1}$ . O armazenamento das embalagens foi feito em câmara fria, a  $5 \pm 1^{\circ}\text{C}$  e UR  $90 \pm 5\%$ , por 15 dias e as análises realizadas a cada 3 dias, sendo as seguintes:

**Taxa respiratória ( $\text{mL CO}_2.\text{kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ )** – tanto as abobrinhas fatiadas quanto as raladas (aproximadamente 100 g) foram colocadas em frascos de vidro (580 mL) com tampa de plástico contendo um septo de silicone, por onde foi retirada uma alíquota da atmosfera interna dos frascos com auxílio do analisador de gases PBI

Dansensor, que mede a porcentagem de oxigênio e de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). As porcentagens de CO<sub>2</sub> foram utilizadas para o cálculo da taxa respiratória, considerando-se o volume do frasco, a massa do produto e o tempo que o frasco permaneceu fechado (90 minutos). Após a leitura, os vidros foram envoltos com filme de policloreto de vinila (0,014 mm de espessura) microperfurados.

**Perda de massa (%)** - calculada pela diferença entre a massa inicial das abobrinhas fatiadas e raladas contidas nas embalagens e a obtida em cada intervalo de tempo, utilizando balança semi-analítica Mettler modelo PC2000.

**Acidez titulável (volume gasto, em mL, de NaOH)** - realizada por titulação com solução de NaOH 0,01N, tendo como indicador fenolftaleína, de acordo com o Instituto Adolfo Lutz (1985).

**pH** - utilizou-se pHmetro TECNAL (Tec 3MP), segundo a AOAC (1992).

**Sólidos solúveis (°Brix)** - usou-se refratômetro digital ATAGO PR-100 com compensação de temperatura automática, a 25°C (AOAC, 1992).

As avaliações de acidez titulável, pH e sólidos solúveis foram feitas em homogenato filtrado, após trituração do produto minimamente processado em homogeneizador de tecidos, na proporção 1:5 (produto:água).

**Valor L\*** - as leituras foram feitas, em lados opostos, no centro de cinco fatias de abobrinha e em cinco pontos aleatórios, diretamente na superfície da abobrinha ralada contida na embalagem, usando-se colorímetro marca Minolta, modelo CR 400, com iluminante D<sub>65</sub> e no sistema de cor CIEL\*a\*b\* (Minolta, 1998).

**Pectina total e solúvel (mg ácido galacturônico. 100 g<sup>-1</sup>)** - extraídas segundo McCready & McComb (1952) e os teores determinados colorimetricamente, segundo Bitter & Muir (1962).

**Atividade da pectinametilesterase** - a extração foi realizada segundo Buescher & Furmanski (1978), com modificações de Vilas Boas (1995) e o doseamento segundo Hultin et al. (1966) e Ratner et al. (1969), com modificações de Vilas

Boas (1995). A unidade da atividade enzimática foi definida como a quantidade de enzima capaz de catalisar a desmetilação de pectina correspondente ao consumo de 1nanomol de NaOH.min<sup>-1</sup>.g<sup>-1</sup>, sob as condições do ensaio.

**Atividade da poligalacturonase** - a extração foi realizada segundo Buescher & Furmanski (1978), com modificações de Vilas Boas (1995) e o doseamento foi feito segundo Markovic et al. (1975), com modificações de Vilas Boas (1995). A atividade enzimática foi expressa em nanomol de ácido galacturônico.min<sup>-1</sup>.g<sup>-1</sup>.

**Atividade da fenilalanina amônia liase** - a extração foi feita com base na técnica preconizada por Rhodes & Woollorton (1971). A atividade enzimática foi expressa em U.min<sup>-1</sup>.g<sup>-1</sup>, definida como conteúdo de enzima que produz um aumento na absorbância a 290 nm de 0,01 por minuto (Zucker, 1965).

O delineamento utilizado neste experimento foi o inteiramente casualizado (DIC), com 3 repetições. Os tratamentos foram dispostos por um fatorial 2 x 6, sendo constituídos pelos fatores tipo de corte (fatiada e ralada) e tempo de armazenamento (0, 3, 6, 9, 12 e 15 dias). A parcela experimental foi constituída por uma embalagem contendo, aproximadamente, 105 e 130g de abobrinha fatiada e ralada, respectivamente. As análises estatísticas foram feitas com auxílio do programa Sisvar (Ferreira, 2000).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A taxa respiratória foi afetada interativamente pelos fatores tipo de corte e tempo de armazenamento. A atividade respiratória da abobrinha ralada foi superior à da fatiada, a partir do sexto dia de armazenamento (Figura 1). A abobrinha ralada foi submetida a um grande estresse físico no momento do corte, o que intensificou o seu metabolismo respiratório, visível a partir do sexto dia. Quanto maior o grau de processamento, maior a taxa de respiração induzida. As altas taxas de respiração indicam um metabolismo mais ativo e, normalmente, uma taxa de deterioração mais rápida (Cantwell & Suslow, 2002).

A resposta do tecido ao ferimento, normalmente, aumenta à medida que se intensifica a severidade do corte. Quanto menor for o tamanho ou maior for a área exposta do produto minimamente processado, maior será a sua respiração (Chitarra, 2001). Esse comportamento também foi verificado por outros autores ao estudar o efeito dos tipos de corte na qualidade de produtos minimamente processados (Del Aguila et al., 2006; Mattos, 2005).

A taxa respiratória da abobrinha ralada aumentou, acentuadamente, até o nono dia (40,08 para 92,19 mL CO<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>) (Figura 1), em resposta a este tipo de corte, que foi o mais severo. Mas, logo após, manteve-se constante até o final do armazenamento (91,78 mL CO<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>), devido, possivelmente, à temperatura de armazenamento usada. Observaram-se aumento menos pronunciado na taxa respiratória da abobrinha fatiada até o sexto dia (43,15 para 57,27 mL CO<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>) e, em seguida, queda até o final do armazenamento (15,90 mL CO<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>). Esta diminuição na taxa respiratória se deve à baixa temperatura (5°C) que, neste caso, foi mais efetiva em controlar o estresse causado por este tipo de corte, reduzindo, assim, o metabolismo das fatias de abobrinha.

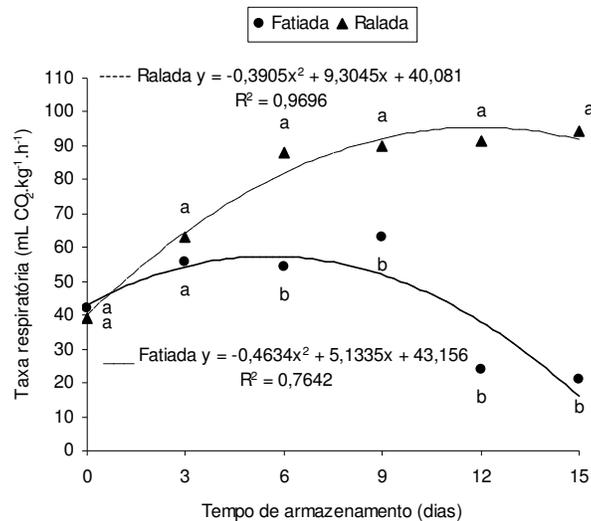


FIGURA 1 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da taxa respiratória em abobrinha ‘Menina Brasileira’ minimamente processada, submetida a dois tipos de corte (fatiada e ralada) e armazenada a  $5 \pm 1^\circ\text{C}$  e UR  $90 \pm 5\%$ , por 15 dias. Médias seguidas da mesma letra, dentro de cada tempo, não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey, a 5%.

A variável perda de massa foi influenciada significativamente somente pelo fator tempo de armazenamento, não sendo afetada pelo tipo de corte, tampouco pela interação entre ambos fatores. As porcentagens de perda de massa da abobrinha minimamente processada aumentaram gradualmente ao longo do armazenamento, não ultrapassando 0,70% (Figura 2), devido à temperatura de armazenamento utilizada e à barreira oferecida pela embalagem. Esta perda é considerada desprezível, do ponto de vista prático. Portanto, segundo Chitarra & Chitarra (2005), as frutas e as hortaliças, mesmo quando mantidas em condições ideais, sofrem alguma perda de massa durante o armazenamento devido ao efeito combinado da respiração e da transpiração.

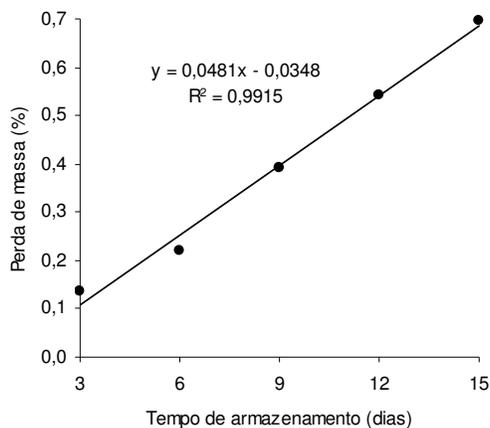


FIGURA 2 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação de perda de massa em abobrinha ‘Menina Brasileira’ minimamente processada, submetida a dois tipos de corte (fatiada e ralada) e armazenada a  $5 \pm 1^\circ\text{C}$  e UR  $90 \pm 5\%$ , por 15 dias.

A variável acidez titulável foi influenciada significativamente somente pelo fator tipo de corte. Os teores de acidez titulável (0,52 mL de NaOH 0,01N) da abobrinha ralada foram inferiores, estatisticamente, aos da abobrinha fatiada (0,66 mL de NaOH 0,01N). Isso se deve, provavelmente, ao maior consumo dos ácidos orgânicos no processo respiratório, que foi mais notável na abobrinha ralada (Figura 1). Visto que, a respiração corresponde às reações oxidativas de compostos orgânicos que são transformados em água e dióxido de carbono, com produção de energia química, utilizada para a biossíntese de novos compostos indispensáveis ao perfeito funcionamento e manutenção do produto vegetal como um todo. Juntamente com os açúcares, os ácidos orgânicos são utilizados como substrato respiratório para o fornecimento de carbono e para a produção de energia. Como intermediários metabólicos, encontram-se em pequenas quantidades no citosol, pois se acumulam no vacúolo, onde representam uma fonte disponível de energia armazenada (Chitarra & Chitarra, 2005).

Houve interação significativa entre os fatores tipo de corte e tempo de armazenamento para a variável pH. Os valores de pH da abobrinha fatiada foram inferiores aos da abobrinha ralada, a partir do sexto dia (Figura 3). A abobrinha fatiada apresentou pH mais baixo e, logo, maior acidez titulável. Os valores de pH da abobrinha ralada aumentaram linearmente, de 6,16 para 6,71, ao longo do armazenamento (Figura 3). Já o pH da fatiada manteve-se praticamente estável até o nono dia (6,28 para 6,25) e, posteriormente, elevou-se até o final do armazenamento (6,56). Esses resultados confirmam o consumo de ácidos orgânicos pelo processo respiratório, que foi mais intenso na abobrinha ralada (Figura 1), tornando-a mais perecível.

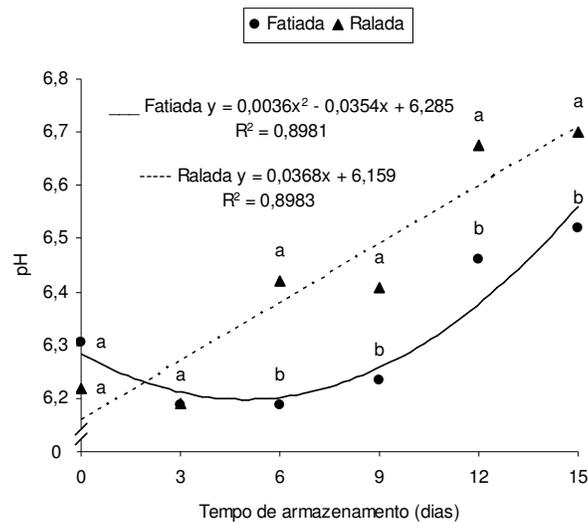


FIGURA 3 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação de pH em abobrinha 'Menina Brasileira' minimamente processada, submetida a dois tipos de corte (fatiada e ralada) e armazenada a  $5 \pm 1^\circ\text{C}$  e UR  $90 \pm 5\%$ , por 15 dias. Médias seguidas da mesma letra, dentro de cada tempo, não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey, a 5%.

Não houve interação significativa entre os fatores tipo de corte e tempo de armazenamento para a variável sólidos solúveis, apenas efeito isolado do tipo de corte. A abobrinha ralada sofreu maior injúria no momento do corte, o que resultou num metabolismo mais acentuado, que pode ser comprovado pela maior atividade respiratória. Com isso, o consumo de substratos respiratórios foi mais intenso, por isso apresentaram teores de sólidos solúveis inferiores (1,4°Brix), estatisticamente, ao da fatiada (2,4°Brix).

A acidez mais baixa, o menor teor de sólidos solúveis e o maior pH constatados nas abobrinhas raladas também podem estar associados, porém, em menor intensidade, à etapa de sanificação realizada após o corte, responsável pela remoção do suco celular extravasado, na hora do processamento.

O valor L\* indica quão claro ou quão escuro é o produto, variando de zero (totalmente preto) a cem (totalmente branco). O valor L\* foi influenciado significativamente pela interação entre os fatores tipo de corte e tempo de armazenamento. As diferenças estatísticas observadas entre o valor L\* das abobrinhas fatiadas e raladas (Figura 4), foram atribuídas ao tipo de corte e à forma de determinação, que no caso da abobrinha fatiada, foi realizada apenas no centro da polpa que possui coloração amarelo-esverdeada, não tendo a interferência da coloração verde da casca. Neste caso, optou-se por discutir apenas o comportamento do valor L\* ao longo do armazenamento.

O tempo não afetou o valor L\* da abobrinha fatiada (Figura 4), que foi, em média, 83,89, possivelmente devido ao menor estresse sofrido no momento do corte, em comparação com a abobrinha ralada e também à eficácia da temperatura em controlar as respostas induzidas por este corte. Já o valor L\* da abobrinha ralada aumentou, com o armazenamento, de 63,98 para 71,58, tornando-a mais clara, ou seja, esbranquiçada (Figura 4). Isso ocorreu devido, provavelmente, à deposição de lignina na superfície da área cortada, que está relacionada ao processo de cicatrização do ferimento.

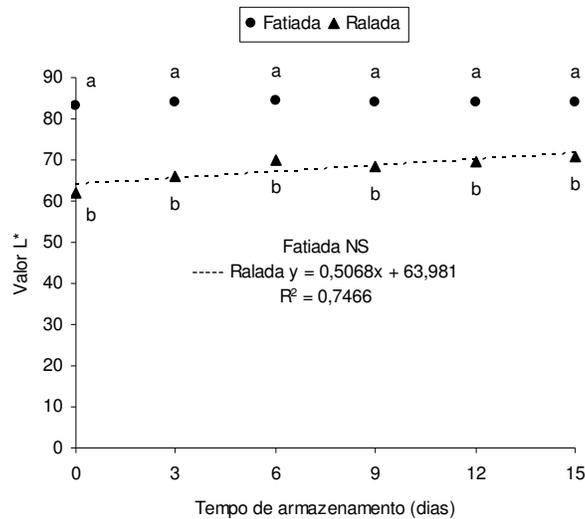


FIGURA 4 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação de valor L\* em abobrinha ‘Menina Brasileira’ minimamente processada, submetida a dois tipos de corte (fatiada e ralada) e armazenada a  $5 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $UR 90 \pm 5\%$ , por 15 dias. Médias seguidas da mesma letra, dentro de cada tempo, não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey, a 5%.

Resultados semelhantes foram observados em cenouras minimamente processadas, nas quais o metabolismo dos fenil propanóides foi ativado, após o ferimento, induzindo ao processo de lignificação sobre a superfície cortada (Bolin & Huxsoll, 1991; Howard & Griffin, 1993). Esta resposta fisiológica tem sido proposta como uma das causas do esbranquiçamento de cenouras minimamente processadas. A outra causa está relacionada à desidratação superficial, que é uma resposta física (Cisneros-Zevallos et al., 1995), mas esta, aparentemente, não foi observada neste trabalho, pois a perda de massa foi mínima ao longo do armazenamento (Figura 2).

Não houve interação significativa entre os fatores tipo de corte e tempo de armazenamento, para a variável pectina total, apenas efeito isolado do fator

tempo. Observou-se degradação de pectinas nas abobrinhas minimamente processadas até o terceiro dia e, em seguida, os teores de pectina total mantiveram-se, praticamente, constantes até o final do armazenamento (Figura 5). O amaciamento dos tecidos é marcado por modificações das substâncias pécicas da parede celular, que são caracterizadas pela sua despolimerização e solubilização.

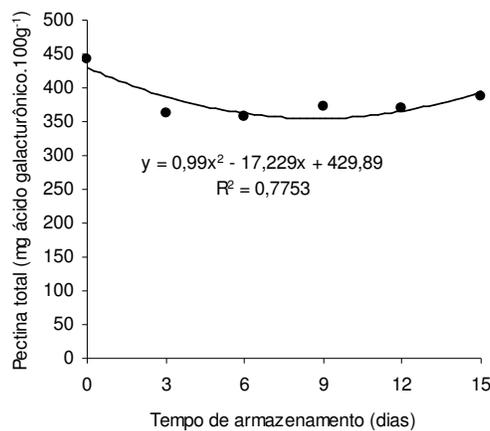


FIGURA 5 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação de pectina total em abobrinha ‘Menina Brasileira’ minimamente processada, submetida a dois tipos de corte (fatiada e ralada) e armazenada a  $5 \pm 1^\circ\text{C}$  e UR  $90 \pm 5\%$ , por 15 dias.

A variável pectina solúvel foi influenciada significativamente pela interação entre os fatores tipo de corte e tempo de armazenamento. Os teores de pectina solúvel da abobrinha ralada foram inferiores aos da fatiada, até o terceiro dia de armazenamento (Figura 6).

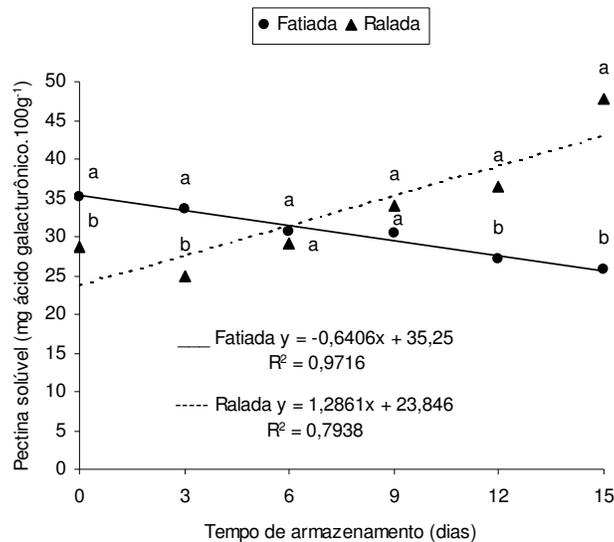


FIGURA 6 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação de pectina solúvel em abobrinha ‘Menina Brasileira’ minimamente processada, submetida a dois tipos de corte (fatiada e ralada) e armazenada a  $5 \pm 1^\circ\text{C}$  e UR  $90 \pm 5\%$ , por 15 dias. Médias seguidas da mesma letra, dentro de cada tempo, não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey, a 5%.

Essa diferença se deve, possivelmente, à etapa de sanificação após o corte que promoveu maior remoção do suco celular extravazado da superfície da abobrinha ralada, acarretando em menores teores de pectina solúvel. Já no décimo segundo e décimo quinto dias de armazenamento, a abobrinha ralada apresentou maiores teores de pectina solúvel, em virtude do seu metabolismo celular estar mais acelerado, o que levou a modificações nos componentes da parede celular, entre elas maior solubilização pectica.

Houve um aumento linear nos teores de pectina solúvel nas abobrinhas raladas com o armazenamento (Figura 6), o que contribuiu para o aumento da solubilização pectica. No entanto, as abobrinhas fatiadas apresentaram tendência de redução nos teores de pectina solúvel com o decorrer do armazenamento, o

que pode estar relacionado ao menor estresse físico causado aos tecidos, quando comparadas à ralada. As fatias de abobrinha apresentaram menores teores de pectina solúvel no final do armazenamento, indicando que tal corte foi mais efetivo em reter o processo de solubilização pectínica, pois este contribui para o amaciamento dos tecidos em decorrência da redução da força de coesão entre as células (Chitarra & Chitarra, 2005).

Houve interação significativa entre os fatores tipo de corte e tempo de armazenamento para a variável atividade da pectinametilesterase (PME). A atividade da PME da abobrinha fatiada foi superior à da ralada, apenas no nono e no décimo segundo dias de armazenamento (Figura 7), aumento que ocorre naturalmente no fruto imaturo.

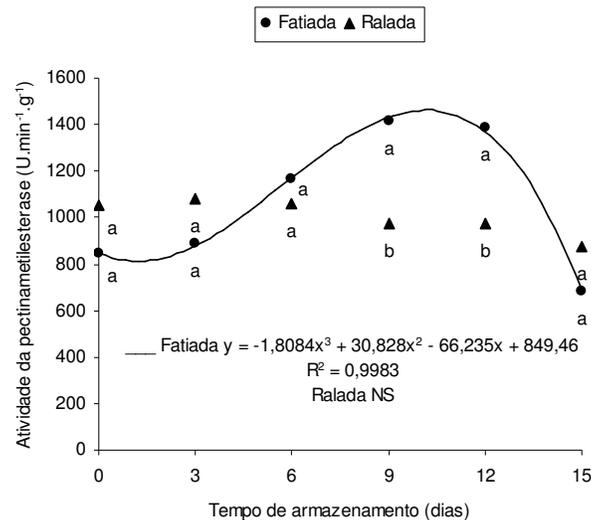


FIGURA 7 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação de atividade da pectinametilesterase em abobrinha ‘Menina Brasileira’ minimamente processada, submetida a dois tipos de corte (fatiada e ralada) e armazenada a  $5 \pm 1^\circ\text{C}$  e UR  $90 \pm 5\%$ , por 15 dias. Médias seguidas da mesma letra, dentro de cada tempo, não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey, a 5%.

Visto que a PME promove a desmetilação dos ésteres metílicos do carbono seis dos ácidos galacturônicos das pectinas, para que, em seguida, as poligalacturonases possam hidrolisar as ligações alfa (1→4) das pectinas, já que estas enzimas têm preferência por cadeias com baixo grau de metoxilação (Chitarra & Chitarra, 2005).

Houve interação significativa entre os fatores tipo de corte e tempo de armazenamento para a variável atividade da poligalacturonase (PG). A abobrinha ralada apresentou, estatisticamente, maior atividade da PG até o sexto dia, quando comparada com a fatiada (Figura 8). Assim, sugere-se que essa atividade foi suficiente para promover um aumento da solubilização pécica com o armazenamento (Figura 6).

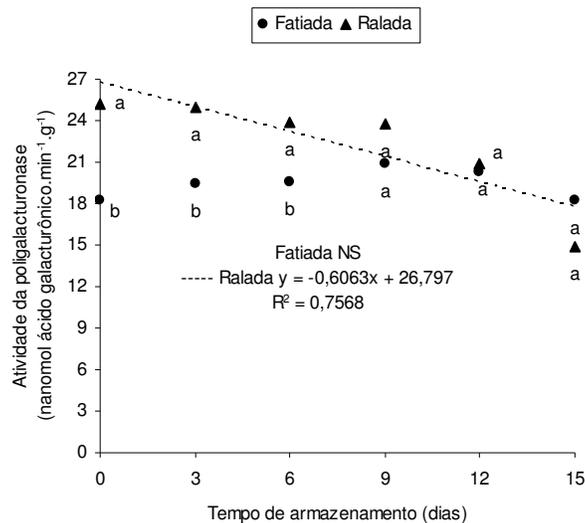


FIGURA 8 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação de atividade da poligalacturonase em abobrinha ‘Menina Brasileira’ minimamente processada, submetida a dois tipos de corte (fatiada e ralada) e armazenada a  $5 \pm 1^\circ\text{C}$  e UR  $90 \pm 5\%$ , por 15 dias. Médias seguidas da mesma letra, dentro de cada tempo, não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey, a 5%.

O tempo não influenciou a atividade de PG da abobrinha fatiada. A baixa atividade da PG (Figura 8) se relaciona à menor solubilização péctica (Figura 6) observada nas abobrinhas fatiadas em relação às raladas. A atividade da PG da abobrinha ralada diminuiu linearmente com o armazenamento, de 26,80 para 17,70; mesmo assim, essa enzima foi responsável pelo processo de solubilização péctica. Esta tendência de perda da atividade pode ser associada ao maior estresse físico provocado na abobrinha ralada, responsável pelo rompimento de membranas celulares, promovendo a maior atuação desta enzima no seu substrato, com maior atividade no tempo zero.

De acordo com Vilas Boas (2002), o amaciamento dos tecidos envolve uma ação coordenada de enzimas da parede celular, sendo a PME, a PG, a beta-galactosidase e as xiloglucanases as mais sugeridas. Tais enzimas atuam na despolimerização e solubilização de substâncias pécticas e hemicelulósicas que culminam com o amaciamento dos tecidos. Frutos minimamente processados demonstram um amaciamento mais rápido que frutos intactos.

A variável atividade de fenilalanina amônia liase (FAL) foi influenciada significativamente pelos fatores tipo de corte e tempo de armazenamento, isoladamente. A abobrinha ralada apresentou maior atividade da FAL (16,29  $\text{U}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ ), estatisticamente, quando comparada à fatiada (10,10  $\text{U}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ ). Isso ocorreu em resposta ao maior dano causado aos tecidos por este tipo de corte.

A FAL é considerada uma enzima chave para a via fenil propanóides, responsável pela biossíntese de compostos fenólicos, que vão dar origem à molécula de lignina. Assim, o fato de as abobrinhas raladas tenderem a ficar esbranquiçadas, devido ao aumento do valor  $L^*$  com o decorrer do armazenamento (Figura 4), pode estar relacionado à maior atividade da FAL, pois essa enzima está envolvida na biossíntese de lignina (Howard & Griffin, 1993). Além do mais, o processamento mínimo promove injúrias físicas e essa

enzima deve estar associada aos processos de cura de fermentos. Apesar do efeito significativo do fator tempo de armazenamento, não houve ajuste estatístico para a variável atividade da FAL, mas observou-se uma pequena variação entre 12,10 a 13,99  $\text{U}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ , ao longo do armazenamento (Figura 9).

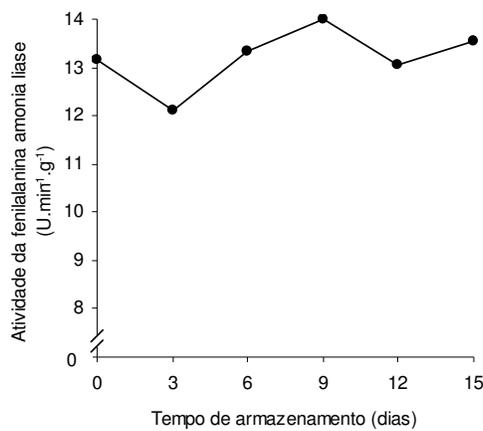


FIGURA 9 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação de atividade da fenilalanina amônia liase em abobrinha ‘Menina Brasileira’ minimamente processada, submetida a dois tipos de corte (fatiada e ralada) e armazenada a  $5 \pm 1^\circ\text{C}$  e UR  $90 \pm 5\%$ , por 15 dias.

## 6 CONCLUSÕES

As abobrinhas ‘Menina Brasileira’ fatiadas apresentam menor taxa respiratória, maiores teores de acidez titulável e sólidos solúveis e menor solubilização pécica e atividade da fenilalanina amônia liase, em comparação às raladas.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

BITTER, T. MUIR, H. M. A modified uronic acid carbazole reaction. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 4, n. 4, p. 330-334, 1962.

BOLIN, H. R.; HUXSOLL, C. C. Control of minimally processed carrot (*Daucus carota*) surface discoloration caused by abrasion peeling. **Journal Food Science**, Chicago, v. 56, n. 2, p. 416-418, Mar./Apr. 1991.

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

BUESCHER, R. W.; FURMANSKI, R. J. Role of pectinesterase and polygalacturonase in the formation of woolliness in peaches. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 43, n. 1, p. 264-266, Jan./Feb. 1978.

CANTWELL, M. I.; SUSLOW, T. V. Postharvest handling systems: fresh-cut fruits and vegetables. In: KADER, A. A. (Ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. 3. ed. Davis: California, 2002. cap. 36, p. 445-463.

CHITARRA, M. I. F. **Alimentos minimamente processados**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 93 p.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. rev. e ampl. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

CISNEROS-ZEVALLOS, L.; SALTVEIT, M. E.; KROCHTA, J. M. Mechanism of surface white discoloration of peeled (minimally processed) carrots during storage. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 60, n. 2, p. 320-323, Mar./Apr. 1995.

DEL AGUILA, J. S.; SASAKI, F. F.; HEIFFIG, L. S.; ORTEGA, E. M. M.; JACOMINO, A. P.; KLUGE, R. A. Fresh-cut radish using different cut types and storage temperatures. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 40, n. 2, p. 149-154, May 2006.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR para windows versão 4. 0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Programa e Resumo...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 235.

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

HOWARD, L. R.; GRIFFIN, L. E. Lignin formation and surface discoloration of minimally processed carrot sticks. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 58, n. 5, p. 1065-1067, Sept./Oct. 1993.

HULTIN, H. O.; SUN, B.; BULGER, J. Pectin methyl esterases of the banana. Purification and properties. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 31, n. 3, p. 320-327, May/June 1966.

IFPA. 2006. **International fresh-cut produce association**. Disponível em: <<http://www.fresh-cuts.org>>. Acesso em: 15 fev. 2006.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1985. v. 1, 533 p.

LANA, M. M.; SANTOS, F. F. dos; LUENGO, R. de F. A.; TAVARES, S. A.; MELO, M. F. de; MATOS, M. J. L. F. **Abobrinha**. Brasília, DF: Embrapa/Hortaliças. In: <[http://www.cnph.embrapa.br/paginas/dicas\\_ao\\_consumidor/abobrinha.htm](http://www.cnph.embrapa.br/paginas/dicas_ao_consumidor/abobrinha.htm)>. Acesso em: 18 out. 2006.

MARKOVIC, O.; HEINRICHOVÁ, K.; LENKEY, B. Pectolytic enzymes from banana. **Collection Czechoslovak Chemistry Community**, London, v. 40, p. 769-774, 1975.

MATTOS, L. M. Atividade respiratória e evolução de etileno em alface crespa minimamente processada armazenada sob duas temperaturas. In: **Alface crespa minimamente processada: embalagem sob diferentes sistemas de atmosfera modificada e armazenamento refrigerado**. 2005. 136 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

McCREADY, R. M.; McCOMB, E. A. Extraction and determination of total pectic materials in fruit. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 24, n. 12, p. 1586-1588, Dec. 1952.

MINOLTA. **Precise color communication**: color control from perception to instrumentation. Sakai, 1998. (Encarte)

RATNER, A.; GOREN, R.; MONSELINE, S. P. Activity of pectin esterase and cellulase in the abscission zone of citrus leaf explants. **Plant Physiology**, Washington, v. 44, n. 12, p. 1717-1723, Dec. 1969.

RHODES, M. J. C.; WOOLTORTON, L. S. C. The effect of ethylene on the respiration and on the activity of phenylalanine ammonia lyase in swede and parship root tissue. **Phytochemistry**, Oxford, v. 10, n. 9, p. 1989-1997, 1971.

SILVA, E. de O.; CARNELOSSI, M. A. G.; JACOMINO, A. P.; PUSCHMANN, R.; SOARES, N. de F. F.; ALVES, R. E.; MOSCA, J. L.; FILGUEIRAS, H. A. C.; BASTOS, M. do S. R.; SARRIA, S. D.; YAGUIU, P. Formas de presentación. In: GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A.; GARDEA, A. A.; CUAMEA-NAVARRO, F. (Ed.). **Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados**. Hermosillo: CIAD, A. C., 2005. cap. 3, p. 37-58.

VILAS BOAS, E. V. de B. **Modificações pós-colheita de banana 'Prata' (*Musa acuminata* x *Musa balbisiana* grupo AAB)  $\gamma$ -irradiada**. 1995. 73 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

VILAS BOAS, E. V. de B. Tecnologia de processamento mínimo de banana, mamão e kiwi. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE PÓS-COLHEITA E PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 1., 2002, Brasília. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa/Hortaliças, 2002. 1CD-ROM.

ZUCKER, M. Induction of phenylalanine deaminase by light and its relation to chlorogenic acid synthesis in potato tuber tissue. **Plant Physiology**, Baltimore, v. 40, n. 5, p. 779-784, Sept. 1965.

## **CAPÍTULO 4**

### **QUALIDADE DE ABOBRINHA 'MENINA BRASILEIRA' MINIMAMENTE PROCESSADA ARMAZENADA SOB DIFERENTES TEMPERATURAS**

## 1 RESUMO

VILAS BOAS, Brígida Monteiro. **Qualidade de abobrinha ‘Menina Brasileira’ minimamente processada armazenada sob diferentes temperaturas.** 2007. 180 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil.\*

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de três temperaturas de armazenamento na manutenção da qualidade de abobrinha ‘Menina Brasileira’ minimamente processada. Os frutos foram lavados com detergente neutro e sanificados, antes e após o fatiamento, em solução de dicloroisocianurato de sódio  $100 \text{ mg.L}^{-1}$ , por 15 e 5 minutos, respectivamente. As fatias de abobrinha (5 mm de espessura) foram acondicionadas em embalagens rígidas de polipropileno com tampa do mesmo polímero. O armazenamento das embalagens foi feito em câmaras frias a  $0^{\circ}\text{C}$ ,  $5^{\circ}\text{C}$  e  $10^{\circ}\text{C}$ , por 15 dias. Pode-se concluir que a temperatura de armazenamento de  $10^{\circ}\text{C}$  proporciona maiores taxas respiratórias, porcentagens de perda de massa, atividade da poligalacturonase e teores de pectina solúvel às fatias de abobrinha em relação a  $0^{\circ}\text{C}$ . As temperaturas de  $0^{\circ}\text{C}$  e  $5^{\circ}\text{C}$  são as mais efetivas na manutenção da qualidade de abobrinhas ‘Menina Brasileira’ minimamente processadas.

---

\*Comitê Orientador: Prof. Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas - DCA/UFLA (orientador), Prof. Dr. Mário César Guerreiro - DQI/UFLA (co-orientador) e Profa. Dra. Roberta Hilsdorf Piccoli - DCA/UFLA (co-orientadora).

## 2 ABSTRACT

VILAS BOAS, Brígida Monteiro. **Quality of fresh-cut 'Menina Brasileira' zucchini stored under different temperatures.** 2007. 180 p. Thesis (Doctor in Food Science) - Federal University of Lavras, Lavras, MG, Brazil.\*

The goal of this work was to evaluate the influence of three temperatures of storage on quality maintenance of fresh-cut 'Menina Brasileira' zucchini. The fruit were washed with neutral detergent and sanitized, before and after the slicing, in sodium dichloroisocyanurate solution 100 mg. L<sup>-1</sup>, for 15 and 5 minutes, respectively. The slices of zucchini (5 mm of thickness) were placed in rigid polypropylene packages with rigid lid made up with the same polymer. The packages were stored in cold chambers at 0°C, 5°C and 10°C, for 15 days. It can be concluded that the storage temperature of 10°C determines greater respiration rates, percentages of mass loss, polygalacturonase activity and soluble pectin content on the slices of zucchini in comparison to 0°C. The temperatures of 0°C and 5°C are the most effective on the quality maintenance of the fresh-cut 'Menina Brasileira' zucchini.

---

\*Guidance Committee: Prof. Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas - DCA/UFLA (adviser), Prof. Dr. Mário César Guerreiro - DQI/UFLA (co-adviser) e Profa. Dra. Roberta Hilsdorf Piccoli - DCA/UFLA (co-adviser).

### 3 INTRODUÇÃO

Os produtos minimamente processados (*fresh-cut*) são definidos como frutas ou hortaliças ou qualquer combinação delas tenham sido alteradas fisicamente, embora mantenham o seu estado fresco. Independentemente do produto, ele é selecionado, sanificado, descascado e cortado, resultando num produto 100% aproveitável que, posteriormente, é embalado ou pré-embalado, no intuito de oferecer aos consumidores frescor, conveniência e qualidade nutricional (IFPA, 2006).

Segundo Cano et al. (2005), uma dieta rica em frutas e hortaliças pode ser considerada como uma ferramenta importante para prevenir determinadas doenças degenerativas, ainda que, na atualidade, o consumo destes alimentos seja, todavia, baixo, com respeito às recomendações em que estão baseadas as dietas denominadas saudáveis. As frutas e hortaliças minimamente processadas surgem neste contexto, possibilitando o maior consumo desses alimentos, oferecendo aos consumidores conveniência, ou seja, oferta de produtos frescos que podem ser preparados e consumidos em menor tempo.

O dano físico ou o ferimento causados pelo descascamento e corte durante o processamento mínimo aumentam a taxa de respiração e a produção de etileno pelos tecidos em minutos, promovendo reações químicas e bioquímicas responsáveis por modificações da qualidade sensorial (cor, sabor, aroma e textura) e nutricional (teor vitamínico), o que torna o produto minimamente processado mais perecível que o inteiro (Cantwell & Suslow, 2002).

O emprego de baixas temperaturas é o método de conservação mais útil e importante para minimizar os efeitos negativos causados pelos danos físicos durante o processamento mínimo de frutas e hortaliças, já que diminuem os processos metabólicos, retardam a deterioração, asseguram a qualidade

microbiológica e mantém a qualidade dos produtos minimamente processados (Brecht, 1995; Cantwell & Suslow, 2002). Em geral, os produtos minimamente processados devem ser armazenados a 0°C e 5°C para manter sua qualidade, segurança e vida útil. O uso de baixas temperaturas é recomendado, inclusive, para produtos sensíveis ao *chilling*, pois retarda a taxa de deterioração destes produtos mais do que induz à injúria ao frio. Além disso, os danos causados por esta desordem são de menor consequência que a deterioração natural, causada pelas temperaturas superiores (Cantwell & Suslow, 2002; Watada et al., 1996).

O desrespeito à cadeia de frio, durante o processamento e comercialização dos produtos minimamente processados, como o uso de temperaturas mais elevadas, leva a uma diminuição considerável da vida útil destes produtos, além de favorecer o crescimento microbiano que pode colocar em risco à saúde dos consumidores. Assim, as frutas e hortaliças minimamente processadas não devem ser expostas, principalmente, em gôndolas refrigeradas com temperaturas inadequadas para sua comercialização.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de três temperaturas de armazenamento (0°C, 5°C e 10°C), durante 15 dias, na manutenção da qualidade de abobrinha ‘Menina Brasileira’ minimamente processada.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

Abobrinhas ‘Menina Brasileira’ provenientes das Centrais de Abastecimento de Minas Gerais S/A (CEASA-MG), Contagem, MG foram selecionadas no local de compra (Lavras, MG) quanto à ausência de defeitos. Em seguida, foram transportadas para o Laboratório de Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças, do Departamento de Ciência dos Alimentos, da Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

As etapas do processamento foram realizadas em condições normais de higiene. As abobrinhas foram lavadas em água corrente com detergente neutro, para a retirada da sujidade e, em seguida, sanificadas em solução de dicloroisocianurato de sódio  $100 \text{ mg.L}^{-1}$ , por 15 minutos. Apenas o “pescoço” das abobrinhas foi fatiado manualmente no sentido transversal (5 mm de espessura), com auxílio de faca inoxidável afiada. Após o corte, as fatias foram imersas em solução de dicloroisocianurato de sódio  $100 \text{ mg.L}^{-1}$ , por 5 minutos e, em seguida, foram colocadas em peneira plástica, para remover o excesso de solução. As fatias foram acondicionadas em embalagem rígida de polipropileno (15 x 11,5 x 4,5 cm) com tampa rígida do mesmo polímero, previamente sanificada com hipoclorito de sódio  $300 \text{ mg.L}^{-1}$ . As embalagens foram armazenadas em câmaras frias:  $0 \pm 0,5^\circ\text{C}$  (UR  $99 \pm 1\%$ ),  $5 \pm 1^\circ\text{C}$  (UR  $90 \pm 5\%$ ) e  $10 \pm 1^\circ\text{C}$  (UR  $80 \pm 5\%$ ), por 15 dias e as análises realizadas a cada 3 dias, sendo as seguintes:

**Taxa respiratória ( $\text{mL CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ )** – as fatias de abobrinha (cerca de 100 g) foram colocadas em frascos de vidro (580 mL) com tampa plástica contendo um septo de silicone, por onde foi retirada uma alíquota da atmosfera interna dos frascos com auxílio do analisador de gases PBI Dansensor, que mede a porcentagem de oxigênio e de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). A porcentagem de  $\text{CO}_2$

foi utilizada para o cálculo da taxa respiratória, levando-se em consideração o volume do frasco, a massa do produto e o tempo que o frasco ficou fechado (90 minutos). Após a leitura, os vidros foram envoltos com filme de policloreto de vinila (0,014 mm de espessura) microperfurados.

**Perda de massa (%)** - calculada pela diferença entre a massa inicial das fatias de abobrinha contidas dentro das embalagens e a obtida em cada intervalo de tempo, utilizando balança semi-analítica Mettler modelo PC2000.

**Acidez titulável (volume gasto, em mL, de NaOH)** - realizada por titulação com solução de NaOH 0,01N, tendo como indicador fenolftaleína, de acordo com o Instituto Adolfo Lutz (1985).

**pH** - utilizou-se pHmetro TECNAL (Tec 3MP), segundo a AOAC (1992).

**Sólidos solúveis (°Brix)** - usou-se refratômetro digital ATAGO PR-100, com compensação de temperatura automática a 25°C (AOAC, 1992).

As avaliações de acidez titulável, pH e sólidos solúveis foram feitas em homogenato filtrado, após trituração do produto minimamente processado em homogeneizador de tecidos na proporção 1:5 (produto:água).

**Valores L\*, h° e C\*** - utilizou-se um colorímetro marca Minolta, modelo CR 400, com iluminante D<sub>65</sub> e no sistema de cor CIEL\*a\*b\*. As leituras dos valores L\*, a\* e b\* foram feitas, em lados opostos, no centro de cinco fatias de abobrinha de cada repetição, estes dois últimos valores foram usados para calcular o h° (ângulo de tonalidade) e o C\* (cromaticidade) usando-se, as seguintes fórmulas:  $h^\circ = \tan^{-1}(b^*/a^*)$  e  $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ , respectivamente (Minolta, 1998).

**Firmeza (N)** - foi realizada no centro de cinco fatias de abobrinha de cada repetição, com auxílio do texturômetro Stable Micro System modelo TAXT2i, utilizando a sonda tipo agulha P/2N (2 mm de diâmetro), que mediu a força de penetração desta nas fatias, numa velocidade de 5 mm/s e numa distância de penetração de 5 mm, valores estes previamente fixados.

**Pectina total e solúvel (mg ácido galacturônico. 100 g<sup>-1</sup>)** - extraídas segundo McCready & McComb (1952) e os teores determinados colorimetricamente, segundo Bitter & Muir (1962).

**Atividade da pectinametilesterase** - a extração foi realizada segundo Buescher & Furmanski (1978), com modificações de Vilas Boas (1995) e o doseamento, segundo Hultin et al. (1966) e Ratner et al. (1969), com modificações de Vilas Boas (1995). A unidade da atividade enzimática foi definida como a quantidade de enzima capaz de catalisar a desmetilação de pectina correspondente ao consumo de 1nanomol de NaOH.min<sup>-1</sup>.g<sup>-1</sup> de polpa, sob as condições do ensaio.

**Atividade da poligalacturonase** - a extração foi realizada segundo a técnica de Buescher & Furmanski (1978), com modificações de Vilas Boas (1995). O doseamento foi realizado segundo Markovic et al. (1975), com modificações de Vilas Boas (1995). A atividade enzimática foi expressa em nanomol de ácido galacturônico. min<sup>-1</sup>.g<sup>-1</sup> de polpa.

**Atividade da fenilalanina amônia liase** - a extração foi feita com base na técnica preconizada por Rhodes & Woollorton (1971). A atividade enzimática foi expressa em U.min<sup>-1</sup>.g<sup>-1</sup>, definida como conteúdo de enzima que produz um aumento na absorbância a 290 nm de 0,01 por minuto (Zucker, 1965).

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 3 x 6, sendo constituído pelos fatores temperatura (0°C, 5°C e 10°C) e tempo de armazenamento (0, 3, 6, 9, 12 e 15 dias). Foram utilizadas 3 repetições, sendo cada uma constituída por uma embalagem contendo, aproximadamente 105 g, de abobrinha minimamente processada. As análises estatísticas foram feitas com auxílio do programa Sisvar (Ferreira, 2000).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A taxa respiratória foi influenciada significativamente pela interação entre os fatores temperatura e tempo de armazenamento. As temperaturas de armazenamento influenciaram as taxas respiratórias das abobrinhas minimamente processadas em todos os tempos de armazenamento. As abobrinhas minimamente processadas armazenadas a 10°C apresentaram maiores taxas respiratórias, quando comparadas com aquelas mantidas a 0°C, em todos os dias de armazenamento (Figura 1). Segundo Wills et al. (1998), a taxa respiratória do produto é um excelente indicador da atividade metabólica do tecido e, portanto, é importante para ditar o potencial da vida útil do produto. Desse modo, a taxa de deterioração, ou seja, a perecibilidade de produtos colhidos é normalmente proporcional à taxa de respiração (Kader, 2002).

Desse modo, a temperatura de 0°C reduziu a taxa respiratória das fatias de abobrinha, ou seja, minimizou a resposta fisiológica dos tecidos vegetais à injúria física causada durante o processamento mínimo. As fatias armazenadas a 0°C apresentaram taxas respiratórias inferiores às das mantidas a 5°C no terceiro, sexto, nono e décimo quinto dias, enquanto as armazenadas a 5°C apresentaram menores taxas respiratórias em relação às mantidas a 10°C no terceiro, sexto, décimo segundo e décimo quinto dias. O efeito da temperatura de 0°C, em reduzir a taxa respiratória do produto, foi notável em relação à temperatura de 5°C. O mesmo foi evidenciado na temperatura de 5°C, em relação a 10°C. Portanto, a temperatura é um dos fatores de maior influência na respiração do produto vegetal, conforme já citado por vários autores (Kader, 2002; Kader & Saltveit, 2003; Wills et al., 1998).

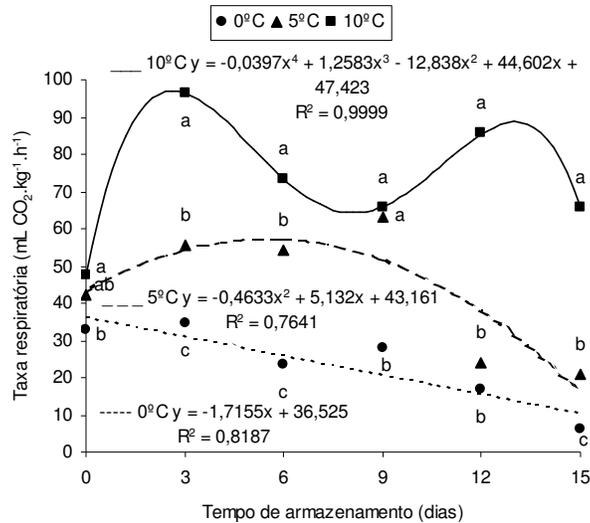


FIGURA 1 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da taxa respiratória em abobrinha ‘Menina Brasileira’ minimamente processada, armazenada em três temperaturas: 0°C, 5°C e 10°C, por 15 dias. Médias seguidas da mesma letra, dentro de cada tempo, não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey, a 5%.

De acordo com a lei de Van't Hoff ( $Q_{10}$ ), para cada aumento de 10°C na temperatura existe um aumento de duas a três vezes na velocidade das reações metabólicas, incluindo a respiração (Kader & Saltveit, 2003; Wills et al., 1998). As atividades respiratórias das fatias de abobrinha armazenadas a 10°C foram, em média, cerca de 4,76 e 2,15 vezes maiores em relação às mantidas a 0°C e 5°C, respectivamente, a partir do momento que houve efeito da temperatura.

Quanto maior a temperatura de armazenamento, mais elevada a taxa respiratória da abobrinha minimamente processada. Portanto, o controle da temperatura de armazenamento é condição essencial para a manutenção da qualidade e para o prolongamento da vida útil dos produtos vegetais perecíveis. Assim, o armazenamento refrigerado é o principal responsável por reduzir os processos metabólicos e retardar os efeitos prejudiciais causados pelo corte,

durante o processamento mínimo (Cantwell & Suslow, 2002).

A temperatura de 0°C proporcionou redução gradual na taxa respiratória das abobrinhas minimamente processadas ao longo do armazenamento (36,52 para 10,79 mL CO<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>), a qual diminuiu a resposta ao ferimento causado durante o processamento mínimo. As fatias armazenadas a 5°C apresentaram aumento na taxa respiratória até o sexto dia (43,16 para 57,27 mL CO<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>), sendo este relacionado ao estresse ocasionado no momento do corte. Em seguida, houve declínio (15,90 mL CO<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>), devido ao uso da temperatura de 5°C. Observou-se incremento pronunciado, de 47,42 para 96,45 mL CO<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>, na taxa respiratória das fatias de abobrinha no terceiro dia de armazenamento a 10°C, que foi resultado do estresse físico provocado pelo corte durante o processamento mínimo, aliado à alta temperatura de armazenamento, que não foi eficaz em reduzir o metabolismo das fatias de abobrinha. Em seguida, houve tendência de queda. Pode-se observar que as temperaturas de 0°C e 5°C foram efetivas no controle da taxa respiratória das fatias de abobrinha.

A variável perda de massa foi afetada interativamente pelos fatores temperatura e tempo de armazenamento. De acordo com o gráfico da Figura 2, as abobrinhas minimamente processadas, armazenadas a 10°C, apresentaram maiores porcentagens de perda de massa, em todos os tempos de armazenamento, em relação às mantidas a 0°C e 5°C, e nenhuma diferença estatística foi verificada entre estas duas temperaturas. Isso ocorreu devido, principalmente, à umidade relativa da câmara fria a 10°C ser de 80 ± 5%, valor inferior ao verificado na câmara fria a 0°C (99 ± 1%) e a 5°C (90 ± 5%), o que determinou maior déficit de pressão de vapor d'água entre a abobrinha minimamente processada e o ar ao seu redor, levando a uma maior perda de massa deste produto.

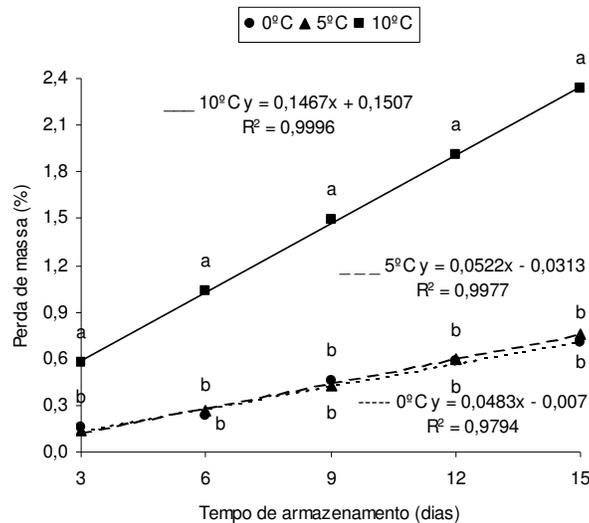


FIGURA 2 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação de perda de massa em abobrinha 'Menina Brasileira' minimamente processada, armazenada em três temperaturas: 0°C, 5°C e 10°C, por 15 dias. Médias seguidas da mesma letra, dentro de cada tempo, não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey, a 5%.

As temperaturas de 0°C e 5°C, aliadas as umidades relativas de  $99 \pm 1\%$  e de  $90 \pm 5\%$ , respectivamente, foram efetivas em reduzir a perda de massa das fatias de abobrinha ao longo do armazenamento em relação à temperatura de 10°C e à umidade relativa de  $80 \pm 5\%$ . Segundo Saltveit (2003), mantendo-se alta umidade relativa ao redor do produto minimamente processado, o déficit de pressão de vapor d'água será reduzido e a perda de água minimizada.

As porcentagens de perda de massa das abobrinhas minimamente processadas aumentaram linearmente ao longo do armazenamento, independentemente, da temperatura utilizada (Figura 2). A perda de massa das fatias de abobrinha foi de 2,35% ao final do armazenamento a 10°C, comprometendo, possivelmente, a aparência do produto pelo dessecamento dos tecidos. Entretanto, as temperaturas de 0°C e 5°C determinaram uma mínima

perda de massa, menor que 0,75%, às abobrinhas minimamente processadas, ao final do armazenamento.

Conforme foi observado, o controle da perda de massa é importante, pois a grande preocupação em relação às frutas e hortaliças minimamente processadas é a manutenção do estado fresco (Cantwell & Suslow, 2002) o mais próximo do produto intacto, garantindo a segurança microbiológica e preservando a qualidade sensorial e nutricional. A perda de massa pode comprometer a aparência desses produtos, levando à perda de frescor, murchamento e enrugamento, quando o produto minimamente processado não é armazenado em condições adequadas de temperatura e umidade relativa.

A variável acidez titulável foi influenciada significativamente somente pelo fator temperatura. A temperatura de 10°C determinou maior volume gasto de NaOH (0,73 a), ou seja, as fatias de abobrinha mantidas a 10°C apresentaram-se mais ácidas, quando comparada, estatisticamente, com as temperaturas de 0°C (0,67 b) e de 5°C (0,65 b), nenhuma diferença estatística foi observada entre estas duas temperaturas.

Houve interação significativa entre os fatores temperatura e tempo de armazenamento para a variável pH. A temperatura de 10°C determinou maiores valores de pH nas fatias de abobrinha apenas no terceiro dia, enquanto que, no nono, décimo segundo e décimo quinto dias observaram-se menores valores de pH quando comparada com as demais temperaturas (Figura 3). Os valores de pH das fatias de abobrinha mantidas a 0°C e 5°C não diferiram estatisticamente, ao longo do armazenamento.

O pH das fatias armazenadas a 0°C teve acréscimo linear com o tempo, de 6,31 para 6,77 (Figura 3). Durante o armazenamento a 5°C, observou-se tendência de elevação nos valores de pH até o décimo segundo dia (6,33 para 6,68) e, em seguida, teve pequena queda (6,54).

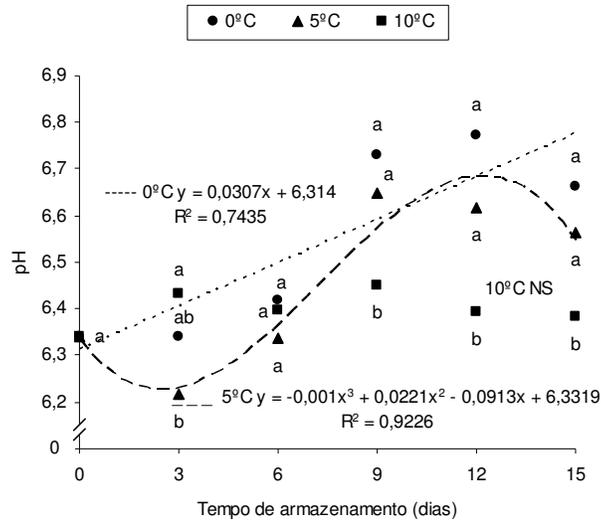


FIGURA 3 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação de pH em abobrinha ‘Menina Brasileira’ minimamente processada, armazenada em três temperaturas: 0°C, 5°C e 10°C, por 15 dias. Médias seguidas da mesma letra, dentro de cada tempo, não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey, a 5%.

Contudo, o tempo não influenciou o pH das fatias mantidas a 10°C, em que a média foi 6,40 (Figura 3). Este aumento nos valores de pH, observado na temperatura de 0°C e 5°C, está relacionado ao consumo de ácidos orgânicos pelo processo respiratório. As reservas são usadas para manter o estado energizado das células.

A variável sólidos solúveis não foi influenciada interativamente pelos fatores temperatura e tempo de armazenamento; apenas houve efeito isolado do fator tempo. Os teores de sólidos solúveis das abobrinhas minimamente processadas apresentaram comportamento cúbico com pequena oscilação (2,3 a 2,9°Brix) ao longo do armazenamento (Figura 4).

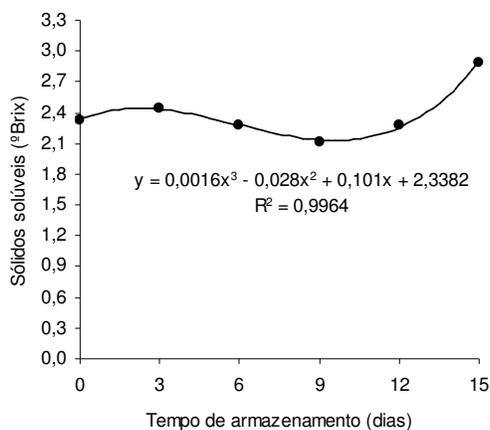


FIGURA 4 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação de sólidos solúveis em abobrinha ‘Menina Brasileira’ minimamente processada, armazenada em três temperaturas: 0°C, 5°C e 10°C, por 15 dias.

Houve interação significativa entre os fatores temperatura e tempo de armazenamento, para a variável valor L\*. Esse valor indica quão claro ou quão escuro é o produto, variando de zero (totalmente preto) a cem (totalmente branco). Observou-se uma variação entre os valores L\* das abobrinhas minimamente processadas armazenadas a 0°C, 5°C e 10°C, estando entre 83,01 e 84,70 (Figura 5).

O valor L\* das fatias de abobrinha armazenadas a 5°C e 10°C oscilaram ao longo do armazenamento (Figura 5). Enquanto, o valor L\* das fatias de abobrinha mantidas a 0°C não sofreu alteração com o tempo de armazenamento. Portanto, o abaixamento da temperatura reduz a atividade metabólica de tecidos vegetais, conspirando para a preservação de suas características originais (Vilas Boas, 2002).

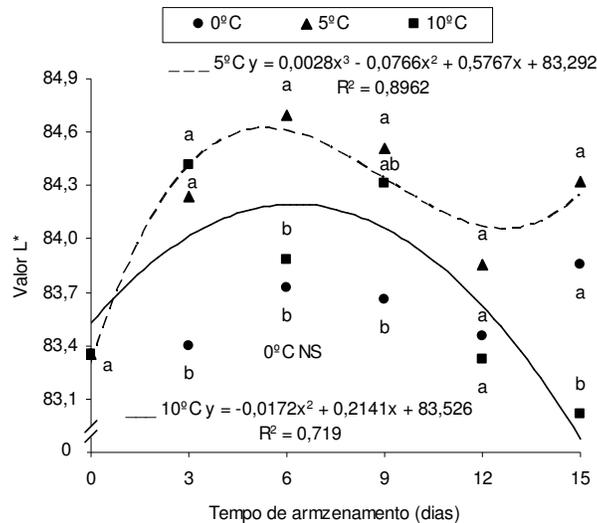


FIGURA 5 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação de valor L\* em abobrinha ‘Menina Brasileira’ minimamente processada, armazenada em três temperaturas: 0°C, 5°C e 10°C, por 15 dias. Médias seguidas da mesma letra, dentro de cada tempo, não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey, a 5%.

Verificou-se interação significativa entre os fatores temperatura e tempo de armazenamento, para a variável ângulo de cor ou tonalidade de cor ( $h^\circ$ ). O  $h^\circ$  é a grandeza que caracteriza a qualidade da cor (azul, vermelho, etc.), permitindo diferenciá-la. Por convenção, o ângulo  $0^\circ$  é fixado no eixo horizontal com +a (vermelho), aumentando no sentido anti-horário,  $h = 90^\circ$  (amarelo),  $h = 180^\circ$  (verde) e  $h = 270^\circ$  (azul). Os valores de tonalidade de cor encontrados neste trabalho, no tempo zero, em média,  $97,1^\circ$ , sugerem uma cor amarelo-esverdeada para as polpas das fatias de abobrinha frescas. A temperatura de  $0^\circ\text{C}$  determinou uma tonalidade de cor menos amarelada (ou tendendo ao verde) as fatias de abobrinha em relação às mantidas a  $5^\circ\text{C}$  e  $10^\circ\text{C}$ , a partir do sexto dia de armazenamento, e nenhuma diferença estatística foi observada entre essas duas temperaturas (Figura 6).

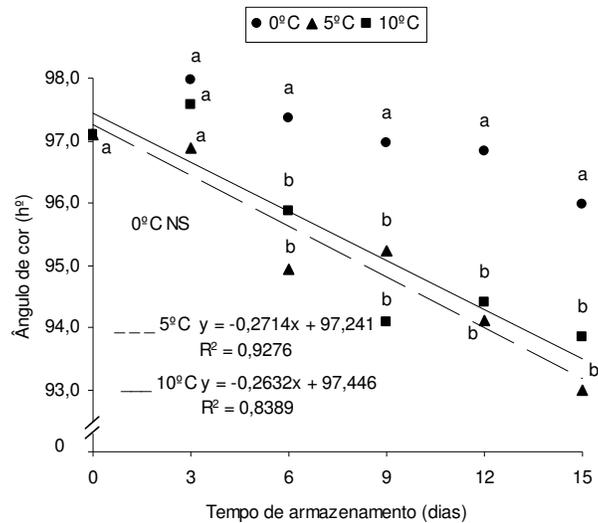


FIGURA 6 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação de valor de ângulo de cor ( $h^\circ$ ) em abobrinha 'Menina Brasileira' minimamente processada, armazenada em três temperaturas: 0°C, 5°C e 10°C, por 15 dias. Médias seguidas da mesma letra, dentro de cada tempo, não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey, a 5%.

A tonalidade de cor das fatias de abobrinha armazenadas a 0°C manteve-se inalterada durante o armazenamento. Portanto, pode-se notar que a temperatura de 0°C foi efetiva em preservar o valor  $L^*$  (Figura 5) e a tonalidade de cor das abobrinhas minimamente processadas (Figura 6). As temperaturas de 5°C e 10°C determinaram uma redução gradual na tonalidade de cor das fatias de abobrinha ao longo do armazenamento tendendo mais ao amarelo (Figura 6). Essa modificação na tonalidade de cor pode estar relacionada ao processo natural de senescência.

A variável cromaticidade ( $C^*$ ) foi afetada significativamente pelos fatores temperatura e tempo de armazenamento, isoladamente. O  $C^*$  descreve a intensidade de uma tonalidade de cor, quanto maior o valor de  $C^*$  mais intensa a

cor. Pode-se observar que a cor da polpa das fatias de abobrinha mantidas a 0°C foi, estatisticamente, menos intensa (30,85 b) que apenas as armazenadas a 10°C (32,10 a), e a temperatura de 5°C determinou valores C\* (31,41 ab) iguais aos das duas temperaturas.

Independentemente da temperatura de armazenamento usada, foi observada uma tendência de redução na intensidade de cor das fatias de abobrinha com o decorrer do armazenamento (Figura 7), indicando uma perda da intensidade de cor da polpa, devido, provavelmente, à alterações no pigmento e ao processo de senescência.

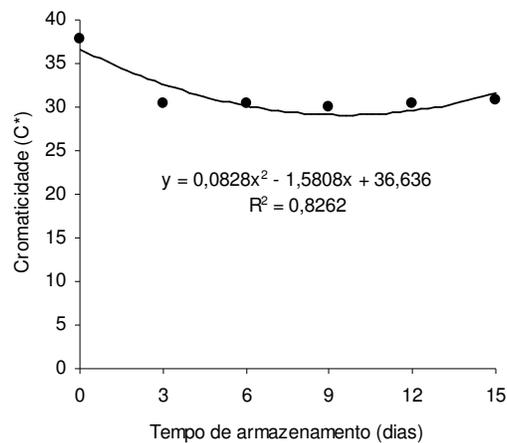


FIGURA 7 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação de valor de cromaticidade (C\*) em abobrinha 'Menina Brasileira' minimamente processada, armazenada em três temperaturas: 0°C, 5°C e 10°C, por 15 dias.

Houve efeito isolado somente do fator tempo de armazenamento para a variável firmeza, não observando-se interação significativa entre os fatores estudados. As abobrinhas minimamente processadas apresentaram pequena

redução na firmeza ao longo do armazenamento, de 1,911 para 1,749 N (Figura 8). Este decréscimo nos valores de firmeza pode estar relacionado ao processo de amaciamento dos tecidos, que é decorrente de modificações na estrutura e composição da parede celular pela ação de numerosas enzimas, entre elas as pectinases (pectinametilesterase e poligalacturonase), as celulases e as beta-galactosidasas. Portanto, a degradação da celulose, das hemiceluloses e das pectinas das paredes celulares é o principal fator responsável pela perda de firmeza dos tecidos vegetais após o processamento mínimo (Chitarra, 2001).

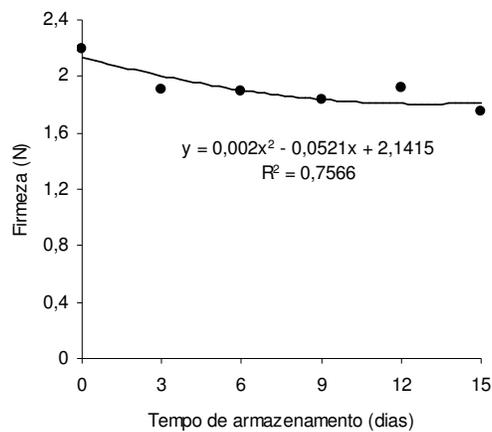


FIGURA 8 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação de firmeza em abobrinha 'Menina Brasileira' minimamente processada, armazenada em três temperaturas: 0°C, 5°C e 10°C, por 15 dias.

A variável pectina total foi afetada significativamente somente pelo fator tempo de armazenamento. Observou-se redução inicial acentuada nos teores de pectina total nas fatias de abobrinha durante o armazenamento (Figura 9A), devido ao processo de degradação.

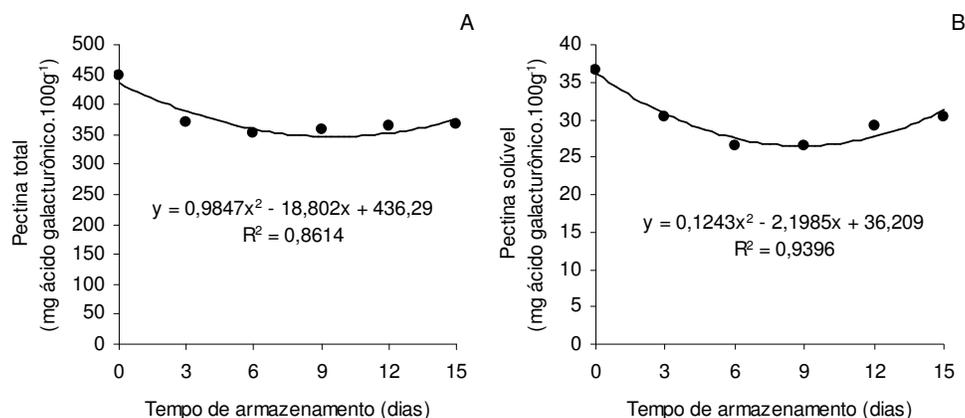


FIGURA 9 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação de pectina total (A) e solúvel (B) em abobrinha ‘Menina Brasileira’ minimamente processada, armazenada em três temperaturas: 0°C, 5°C e 10°C, por 15 dias.

A variável pectina solúvel foi afetada significativamente pelos fatores temperatura e tempo de armazenamento, isoladamente. As fatias de abobrinha mantidas a 10°C apresentaram, estatisticamente, maiores teores de pectina solúvel (31,23 a) apenas em relação às armazenadas a 0°C (28,55 b), e as fatias mantidas a 5°C apresentaram teores de pectina solúvel (30,16 ab) iguais aos das duas temperaturas. Portanto, a temperatura de 0°C foi efetiva em reduzir a solubilização pécica das fatias de abobrinha, por retardar as reações metabólicas envolvidas neste evento. As baixas temperaturas são necessárias para reduzir as taxas de respiração e retardar a deterioração como escurecimento e amaciamento em produtos minimamente processados (Cantwell & Suslow, 2002).

Os teores de pectina solúvel das abobrinhas minimamente processadas reduziram-se substancialmente até o nono dia e, em seguida, observou-se tendência de estabilização (Figura 9B). Essa diminuição nos teores se deve, possivelmente, ao seu uso como substrato no processo respiratório.

Os teores de pectinas, em associação aos testes físicos de firmeza, são

indicativos da textura ou consistência do produto. A despolimerização das pectinas difere entre os vários tipos de frutas e hortaliças e o percentual de solubilização pectínica é um excelente índice indicativo do amaciamento dos tecidos e da evolução da maturação (Chitarra & Chitarra, 2005). A abobrinha é um fruto imaturo e assim sendo, esses processos não são intensos.

Houve efeito significativo apenas do fator tempo de armazenamento para a variável atividade da pectinametilesterase (PME). A atividade da PME aumentou até o nono dia de armazenamento e, posteriormente, ocorreu queda na sua atividade (Figura 10 A). A atividade da PME aumenta, naturalmente, em frutos imaturos porque, primeiro, ocorre a ação da PME para, depois, a poligalacturonase atuar.

A variável atividade da poligalacturonase (PG) foi influenciada significativamente pelos fatores temperatura e tempo de armazenamento, isoladamente. As fatias de abobrinha armazenadas a 0°C apresentaram baixa atividade da PG (16,55 c), seguida das mantidas a 5°C (18,99 b) e, por último, das armazenadas a 10°C (21,43 a). Diante destes resultados, pode-se observar que as fatias de abobrinha armazenadas a 0°C apresentaram baixa atividade desta enzima, logo, menores teores de pectina solúvel. Isso demonstra a eficácia do uso de temperaturas mais baixas em retardar os efeitos causados pelo corte, principalmente no que se refere aos processos ligados à perda de firmeza.

A atividade enzimática da PG nas fatias de abobrinha foi baixa e estável durante o armazenamento (Figura 10 B), devido ao fato de a abobrinha ser um fruto imaturo, pois, normalmente, a ação da PG está relacionada com o amadurecimento do fruto. A redução da firmeza das fatias de abobrinha ao longo do armazenamento (Figura 8) pode estar associada a outras enzimas que degradam a parede celular, como as celulases, as hemicelulases e as beta-galactosidases.

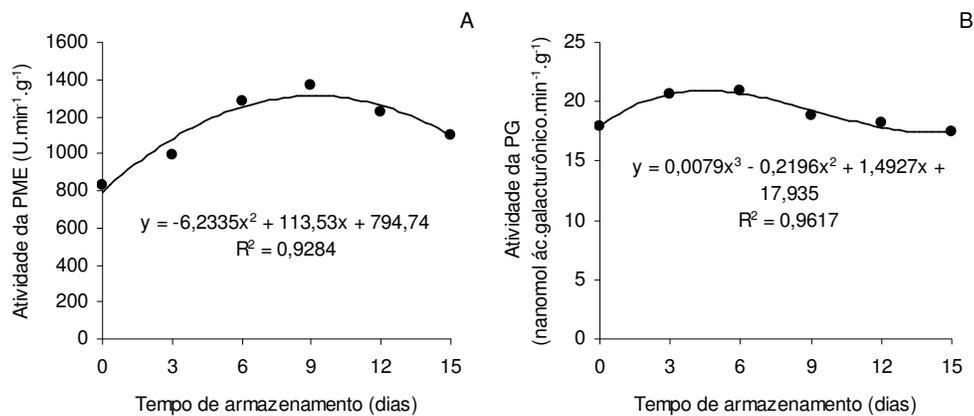


FIGURA 10 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação de atividade da pectinametilesterase (PME) (A) e da poligalacturonase (PG) (B) em abobrinha ‘Menina Brasileira’ minimamente processada, armazenada em três temperaturas: 0°C, 5°C e 10°C, por 15 dias.

Não houve interação significativa entre os fatores temperatura e tempo de armazenamento, nem efeito isolado desses fatores para a variável atividade da fenilalanina amônia liase (FAL). A atividade média desta enzima foi de 9,98 U.min<sup>-1</sup>.g<sup>-1</sup>, para as abobrinhas minimamente processadas. A FAL é uma enzima responsável pela biossíntese de fenilpropanóides. A lignificação após o dano é uma reação enzimática, envolvendo a atividade da FAL em resposta ao estresse. Aparentemente, não ocorreu deposição de lignina nas paredes das células danificadas, uma vez que não houve aumento da atividade dessa enzima.

## 6 CONCLUSÕES

A temperatura de armazenamento de 10°C proporciona maiores taxas respiratórias, porcentagens de perda de massa, atividade da poligalacturonase e teores de pectina solúvel às fatias de abobrinha em relação a 0°C. As temperaturas de 0°C e 5°C são as mais efetivas na manutenção da qualidade de abobrinhas 'Menina Brasileira' minimamente processadas.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

BITTER, T. MUIR, H. M. A modified uronic acid carbazole reaction. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 4, n. 4, p. 330-334, 1962.

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

BUESCHER, R. W.; FURMANSKI, R. J. Role of pectinesterase and polygalacturonase in the formation of woolliness in peaches. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 43, n. 1, p. 264-266, Jan./Feb. 1978.

CANO, M. P.; SÁNCHEZ-MORENO, C.; PASCUAL-TERESA, S. de; ANCOS, B. de. Procesado mínimo y valor nutricional. In: GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A.; GARDEA, A. A.; CUAMEA-NAVARRO, F. (Ed.). **Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados**. Hermosillo: CIAD, A. C., 2005. cap. 7, p. 119-152.

CANTWELL, M. I.; SUSLOW, T. V. Postharvest handling systems: fresh-cut fruits and vegetables. In: KADER, A. A. (Ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. 3. ed. Davis, California, 2002. cap. 36, p. 445-463.

CHITARRA, M. I. F. **Alimentos minimamente processados**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 93 p.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. rev. e ampl. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR para windows versão 4. 0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Programa e Resumo...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 235.

HULTIN, H. O.; SUN, B.; BULGER, J. Pectin methyl esterases of the banana. Purification and properties. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 31, n. 3, p. 320-327, May/June 1966.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1985. v. 1, 533 p.

INTERNATIONAL FRESH-CUT PRODUCE ASSOCIATION- IFPA. 2006. Disponível em: <<http://www.fresh-cuts.org>>. Acesso em: 15 fev. 2006.

KADER, A. A. Modified atmospheres during transport and storage. In: KADER, A. A. (Ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. 3. ed. Davis: California, 2002. cap. 4, p. 135-144.

KADER, A. A.; SALTVEIT, M. E. Respiration and gas exchange. In: BARTZ, J. A.; BRECHT, J. K. (Ed.). **Postharvest physiology and pathology of vegetables**. 2. ed. New York: Marcel Dekker, 2003. cap. 2, p. 7-29.

MARKOVIC, O.; HEINRICHOVÁ, K.; LENKEY, B. Pectolytic enzymes from banana. **Collection Czechoslovak Chemistry Community**, Prague, v. 40, n. 3, p. 769-774, 1975.

McCREADY, R. M.; McCOMB, E. A. Extraction and determination of total pectic materials in fruit. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 24, n. 12, p. 1586-1588, Dec. 1952.

MINOLTA. **Precise color communication**: color control from perception to instrumentation. Sakai, 1998. (Encarte)

RATNER, A.; GOREN, R.; MONSELINE, S. P. Activity of pectin esterase and cellulase in the abscission zone of citrus leaf explants. **Plant Physiology**, Washington, v. 44, n. 12, p. 1717-1723, Dec. 1969.

RHODES, M. J. C.; WOOLTORTON, L. S. C. The effect of ethylene on the respiration and on the activity of phenylalanine ammonia lyase in swede and parship root tissue. **Phytochemistry**, Oxford, v. 10, n. 9, p. 1989-1997, 1971.

SALTVEIT, M. E. Fresh-cut vegetables. In: BARTZ, J. A.; BRECHT, J. K. (Ed.). **Postharvest physiology and pathology of vegetables**. 2. ed. New York: Marcel Dekker, 2003. cap. 29, p. 691-712.

VILAS BOAS, E. V. de B. Tecnologia de processamento mínimo de banana, mamão e kiwi. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE PÓS-COLHEITA E PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 1., 2002, Brasília. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa/Hortaliças, 2002. 1CD-ROM.

VILAS BOAS, E. V. de B. **Modificações pós-colheita de banana ‘Prata’ (*Musa acuminata* x *Musa balbisiana* grupo AAB)  $\gamma$ -irradiada.** 1995. 73 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

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.

WILLS, R.; McGLASSON, B.; GRAHAM, D.; JOYCE, D. **Postharvest: an introduction to the physiology & handling of fruit, vegetables & ornamentals.** 4. ed. Wallingford : CAB INTERNATIONAL, 1998. 262 p.

ZUCKER, M. Induction of phenylalanine deaminase by light and its relation to chlorogenic acid synthesis in potato tuber tissue. **Plant Physiology**, Baltimore, v. 40, n. 5, p. 779-784, Sept. 1965.

## **CAPÍTULO 5**

### **USO DA ATMOSFERA MODIFICADA NO PROLONGAMENTO DA VIDA ÚTIL E NA MANUTENÇÃO DA QUALIDADE DE ABOBRINHA 'MENINA BRASILEIRA' MINIMAMENTE PROCESSADA**

## 1 RESUMO

VILAS BOAS, Brígida Monteiro. **Uso da atmosfera modificada no prolongamento da vida útil e na manutenção da qualidade de abobrinha ‘Menina Brasileira’ minimamente processada.** 2007. 180 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil.\*

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da atmosfera modificada no prolongamento da vida útil e na manutenção da qualidade de abobrinhas ‘Menina Brasileira’ minimamente processadas. Os frutos foram sanificados, antes e após o corte, em solução de dicloroisocianurato de sódio  $100 \text{ mg.L}^{-1}$ , por 15 e 5 minutos, respectivamente. As fatias de abobrinha (5 mm de espessura) foram acondicionadas em sacos plásticos de polietileno (PE) náilon 0,070 mm, selada com vácuo parcial e em embalagens rígidas de polipropileno (PP): com tampa do mesmo polímero; envoltas com filme de policloreto de vinila (PVC) 0,014 mm e seladas passiva e ativamente (2% de  $\text{O}_2$  + 10%  $\text{CO}_2$ ) e (5% de  $\text{O}_2$  + 5%  $\text{CO}_2$ ) com filme de polietileno (PE) + PP 0,070 mm. Os produtos embalados foram armazenados em câmara fria a  $5^\circ\text{C}$ , por 15 dias. Pode-se concluir que as embalagens envoltas com filme de PVC e as seladas passiva e ativamente com filme de PE + PP não são recomendadas para acondicionar fatias de abobrinhas, devido aos baixos níveis de  $\text{O}_2$  apresentados no interior das mesmas, após seis dias de armazenamento. A embalagem a vácuo também é inadequada para a conservação deste produto, devido ao comprometimento da aparência do produto, à perda de firmeza, à redução do pH e ao aumento da acidez titulável causados pela ausência de  $\text{O}_2$ . A vida útil de abobrinhas minimamente processadas é de 12 dias, quando acondicionadas em embalagem rígida de PP com tampa do mesmo polímero e armazenadas a  $5^\circ\text{C}$ , com base nas análises de aparência, aceitabilidade e concentração interna de  $\text{O}_2$  e  $\text{CO}_2$ .

---

\*Comitê Orientador: Prof. Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas - DCA/UFLA (orientador), Prof. Dr. Mário César Guerreiro - DQI/UFLA (co-orientador) e Profa. Dra. Roberta Hilsdorf Piccoli - DCA/UFLA (co-orientadora).

## 2 ABSTRACT

VILAS BOAS, Brígida Monteiro. **Use of modified atmosphere on the shelf-life extension and quality maintenance of fresh-cut 'Menina Brasileira' zucchini.** 2007. 180 p. Thesis (Doctor in Food Science) - Federal University of Lavras, Lavras, MG, Brazil.\*

The goal of this work was to evaluate the effect of the modified atmosphere on the shelf-life extension and quality maintenance of fresh-cut 'Menina Brasileira' zucchini. The fruit were sanitized, before and after the cut, in solution of sodium dichloroisocyanurate 100 mg. L<sup>-1</sup>, for 15 and 5 minutes, respectively. The slices of zucchini (5 mm thickness) were placed in polyethylene (PE) nylon plastic bags 0,070 mm, sealed under partial vacuum and in rigid polypropylene (PP) package: with rigid lid made with the same polymer; covered with polyvinyl chloride film (PVC) 0,014 mm and passive and actively (2% of O<sub>2</sub> + 10% CO<sub>2</sub> and 5% of O<sub>2</sub> + 5% CO<sub>2</sub>) sealed with PE + PP film 0,070 mm. The packed products were stored in cold chamber at 5°C, for 15 days. It is concluded that the packages covered with PVC film and those ones passive and actively sealed with PE + PP film are not recommended to place slices of zucchini, due to the low levels of O<sub>2</sub> observed into of them, after six days of storage. The vacuum package is also inadequate to the conservation of the product, since to compromise the appearance, slow down the firmness and pH and increase the titratable acidity, due to absence of O<sub>2</sub>. Twelve days is the shelf-life of fresh-cut zucchini packed in rigid PP with rigid lid of same polymer and stored at 5°C, based to analysis of appearance, acceptability and internal concentration of O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub>.

---

\*Guidance Committee: Prof. Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas - DCA/UFLA (adviser), Prof. Dr. Mário César Guerreiro - DQI/UFLA (co-adviser) e Profa. Dra. Roberta Hilsdorf Piccoli - DCA/UFLA (co-adviser).

### 3 INTRODUÇÃO

Para muitas frutas e hortaliças minimamente processadas, a embalagem com atmosfera modificada é um suplemento necessário ao armazenamento à baixa temperatura. Os sistemas com modificação da atmosfera reduzem a concentração de oxigênio ( $O_2$ ) e elevam a de dióxido de carbono ( $CO_2$ ), com o objetivo de reduzir a intensidade da respiração do produto e aumentar o seu tempo de vida útil, sem perda da qualidade (Cantwell & Suslow, 2002; Chitarra & Chitarra, 2005; Kader, 2002).

As hortaliças minimamente processadas são mais perecíveis do que seus similares intactos, o que se traduz em maior perda d'água, maior taxa respiratória e alterações bioquímicas e fisiológicas mais intensas. Portanto, as embalagens têm função de minimizar ou retardar esses eventos, prolongando ao máximo a sua vida útil. A seleção de filmes com certas propriedades de permeabilidade aos gases, a uma dada temperatura, é fundamental para o estabelecimento da atmosfera adequada ao metabolismo do vegetal no interior da embalagem. A espessura é também fator de controle de permeabilidade (Moretti & Puschmann, 2006).

O material da embalagem deve, portanto, ter uma taxa de permeabilidade ao  $O_2$  que compense o consumo deste gás pela respiração e uma taxa ao  $CO_2$  que permita a saída deste gás gerado no processo respiratório. Assim, a concentração de  $O_2$  e de  $CO_2$  não deve ultrapassar os limites de tolerância que cada produto possui a gases. Por isso, os materiais usados na confecção das embalagens deverão apresentar propriedades compatíveis de permeabilidade com a atmosfera de equilíbrio que se deseja manter para aumentar a durabilidade do produto. Caso contrário, não será obtida uma atmosfera ótima para o produto em questão (Silva et al., 2005).

As atmosferas com 2% a 8% de O<sub>2</sub> e de 5% a 15% de CO<sub>2</sub> têm potencial para preservar a qualidade de frutas e hortaliças minimamente processadas, embora, para cada vegetal, exista uma atmosfera específica que maximize sua durabilidade (Cantwell, 1992). Se o teor de oxigênio for reduzido a um limite mínimo (ponto de extinção), o processo respiratório ocorre anaerobicamente, com acúmulo de acetaldeído e etanol (Chitarra & Chitarra, 2005).

Os produtos minimamente processados devem apresentar características sensoriais adequadas para o consumo e que despertem a atenção do consumidor para compra. Cantwell & Suslow (2002) citam que a demanda por produtos minimamente processados depende, principalmente, de fatores que os tornem visualmente aceitáveis e atrativos. Esses produtos devem ter a aparência de vegetal fresco, ter boa consistência e não apresentar defeitos.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da embalagem com atmosfera modificada, na conservação de abobrinhas ‘Menina Brasileira’ minimamente processadas, mantidas a 5°C, no intuito de estabelecer a vida útil destes produtos.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

Abobrinhas ‘Menina Brasileira’ provenientes das Centrais de Abastecimento de Minas Gerais S/A (CEASA-MG), Contagem, MG foram adquiridas no mercado local de Lavras, MG, sem defeitos aparentes. Os frutos foram transportados para o Laboratório de Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças, do Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

O processamento mínimo da abobrinha foi realizado sob condições normais de higiene. As abobrinhas foram lavadas em água corrente com detergente neutro e, em seguida, sanificadas em solução de dicloroisocianurato de sódio  $100 \text{ mg.L}^{-1}$ , por 15 minutos e secas à temperatura de  $18^\circ\text{C}$ . Em seguida, apenas o “pescoço” dos frutos foi fatiado manualmente no sentido transversal (5 mm de espessura), com auxílio de faca afiada de aço inoxidável. As fatias foram imersas em solução de dicloroisocianurato de sódio  $100 \text{ mg.L}^{-1}$ , por 5 minutos e colocadas em peneira plástica, para a retirada do excesso de líquido acumulado. Em seguida, as fatias foram embaladas em diferentes condições:

- embalagem rígida de polipropileno (PP) (15 x 11,5 x 4,5 cm) selada com filme flexível de polietileno (PE) + PP, 0,070 mm de espessura, com auxílio da seladora de bandejas TecMaq AP340;
- embalagem rígida de PP (15 x 11,5 x 4,5 cm) envolta manualmente com filme de policloreto de vinila (PVC), 0,014 mm de espessura, esticável selado sobre o fundo da embalagem;
- embalagem rígida de PP (15 x 11,5 x 4,5 cm) selada com filme flexível de PE + PP, 0,070 mm de espessura, com auxílio da seladora de bandejas TecMaq AP340, na qual foi injetada uma mistura comercial de gases, contendo 2% de  $\text{O}_2$  + 10%  $\text{CO}_2$ ;

- embalagem rígida de PP (15 x 11,5 x 4,5 cm) selada com filme flexível de PE + PP, 0,070 mm de espessura, com auxílio da seladora de bandejas TecMq AP340, na qual foi injetada uma mistura comercial de gases, contendo 5% de O<sub>2</sub> + 5% CO<sub>2</sub>;

- embalagem flexível PE náilon (15 x 22 cm), 0,070 mm de espessura, selada sob vácuo parcial (450 mmHg), com auxílio da seladora a vácuo TecMq AP450.

As fatias foram acondicionadas também em embalagem rígida de PP (15 x 11,5 x 4,5 cm), com tampa rígida encaixável do mesmo polímero, para a realização somente da análise de monitoramento das concentrações de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> no interior da embalagem e da análise sensorial.

As análises do material do filme plástico, espessura e taxas de permeabilidade ao O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> e vapor d'água (Tabela 1) foram realizadas no Laboratório de Embalagens do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

TABELA 1 Espessura e taxas de permeabilidade ao O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> e vapor d'água dos filmes plásticos utilizados neste experimento.

Filmes plásticos	Espessura*	O <sub>2</sub> **	vapor d'água ***
Polietileno + polipropileno	0,070	33,32	2,54
Policloreto de vinila	0,014	414,22	123,39
Polietileno náilon	0,070	31,47	3,47

\* mm, \*\* %. m<sup>-2</sup>. dia<sup>-1</sup> e \*\*\* g.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup> nas condições normais de temperatura e pressão

O armazenamento das embalagens foi feito em câmara fria 5 ± 1°C e UR 90 ± 5%, por 15 dias e as análises realizadas a cada três dias, sendo as seguintes:

**Monitoramento da concentração de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> no interior da embalagem (%)**

- em cada intervalo de tempo, foi retirada, por meio de um septo de silicone na superfície do filme plástico, uma alíquota da atmosfera interna das embalagens,

usando-se um analisador de gases PBI Dansensor, que mede a porcentagem de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>.

**Análise sensorial** - feita por meio do Teste Qualitativo Afetivo, em que se avaliou o quanto à pessoa gostou ou desgostou da aparência da abobrinha minimamente processada, embalada em diferentes condições, por meio de cinco notas, a saber, 1- desgostei muito, 2- desgostei, 3- não gostei/nem desgostei, 4- gostei e 5- gostei muito. Ao mesmo tempo, foi feito o teste de aceitabilidade (intenção de compra), em que se perguntou aos provadores se comprariam ou não o produto. Usou-se uma codificação de três algarismos aleatórios para cada amostra analisada. Os testes foram realizados com 50 provadores diferentes, a cada intervalo de análise.

**Perda de massa (%)** - calculada pela diferença entre a massa inicial das fatias de abobrinha contidas dentro das embalagens e a obtida em cada intervalo de tempo, utilizando balança semi-analítica Mettler modelo PC2000.

**Acidez titulável (volume gasto, em mL, de NaOH)** - realizada por titulação com solução de NaOH 0,01N, tendo como indicador fenolftaleína, de acordo com o Instituto Adolfo Lutz (1985).

**pH** – utilizou-se pHmetro TECNAL (Tec 3MP), segundo a AOAC (1992).

**Sólidos solúveis (°Brix)** - determinados em refratômetro digital ATAGO PR-100, com compensação de temperatura automática a 25°C (AOAC, 1992).

As avaliações de acidez titulável, pH e sólidos solúveis foram feitas em homogenato filtrado, após trituração do produto minimamente processado em homogeneizador de tecidos, na proporção 1:5 (produto:água).

**Valores L\*, h° e C\*** - utilizou-se um colorímetro marca Minolta, modelo CR 400, com iluminante D<sub>65</sub> e no sistema de cor CIEL\*a\*b\*. As leituras dos valores L\*, a\* e b\* foram feitas, em lados opostos, no centro de cinco fatias de abobrinha de cada repetição, estes dois últimos valores foram usados para calcular o h° (ângulo de tonalidade) e o C\* (cromaticidade) usando-se, as

seguintes fórmulas:  $h^{\circ}=\tan^{-1}(b^*/a^*)$  e  $C^*=(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ , respectivamente (Minolta, 1998).

**Firmeza (N)** - realizada no centro de cinco fatias de abobrinha de cada repetição, com o auxílio do texturômetro Stable Micro System modelo TAXT2i, utilizando-se a sonda tipo agulha P/2N (2 mm de diâmetro), que mediu a força de penetração desta nas fatias, numa velocidade de 5 mm/s, numa distância de penetração de 5 mm, valores estes previamente fixados.

Três experimentos foram realizados. O delineamento utilizado no primeiro experimento foi o inteiramente casualizado (DIC), com três repetições. Os tratamentos foram dispostos por um fatorial 5 x 4, sendo constituídos por cinco níveis do fator atmosfera modificada (embalagem rígida de PP com tampa, envolta passivamente com filme de PVC, selada passiva e ativamente - 5% de O<sub>2</sub> + 5% CO<sub>2</sub> e 2% de O<sub>2</sub> + 10% CO<sub>2</sub> - com filme de PE + PP) e quatro níveis do fator tempo de armazenamento (0, 3, 6, e 9 dias). Neste experimento realizou-se apenas a análise de monitoramento da concentração de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> no interior das embalagens rígidas de PP. As abobrinhas minimamente processadas embaladas sob essas atmosferas modificadas foram avaliadas até nove dias de armazenamento, pois entraram em anaerobiose, exceto as fatias acondicionadas em embalagem rígida com tampa, que foram avaliadas até quinze dias. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa Sisvar (Ferreira, 2000). A parcela experimental foi constituída por uma embalagem rígida de PP contendo, aproximadamente, 110 g.

No segundo experimento, a respeito da análise sensorial (aparência e aceitabilidade), utilizou-se delineamento em blocos casualizados (DBC) de efeito simples em cada tempo considerado, em que cada provador constituiu um bloco. Foi feita a análise conjunta de 4 experimentos (4 tempos de armazenamento), em que cada um avaliava 6 tipos de atmosfera modificada (embalagem rígida de PP com tampa, envolta passivamente com filme de PVC,

selada passiva e ativamente - 5% de O<sub>2</sub> + 5% CO<sub>2</sub> e 2% de O<sub>2</sub> + 10% CO<sub>2</sub> - com filme de PE + PP e embalagem a vácuo). Os tempos de armazenamento considerados foram 0, 3, 6 e 9 dias. Utilizaram-se os softwares R (R, 2006) e Sisvar (Ferreira, 2000). Posteriormente, foi calculada a correlação de Pearson entre as médias das notas de aparência com a porcentagem de aceitabilidade, utilizando-se o software R (R, 2006). Tal análise permitiu inferir sobre a intenção de compra do consumidor. A parcela experimental foi constituída por uma embalagem rígida de PP contendo, aproximadamente, 110 g de abobrinha minimamente processada, e uma embalagem a vácuo contendo em torno de 100 g do produto.

No terceiro experimento, o delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), com três repetições. Os tratamentos foram dispostos por um fatorial 5 x 4, sendo constituídos por cinco níveis do fator atmosfera modificada (embalagem rígida de PP envolta passivamente com filme de PVC, selada passiva e ativamente - 5% de O<sub>2</sub> + 5% CO<sub>2</sub> e 2% de O<sub>2</sub> + 10% CO<sub>2</sub> - com filme de PE + PP e embalagem a vácuo) e quatro níveis do fator tempo de armazenamento (0, 3, 6, e 9 dias). Neste experimento, realizaram-se as seguintes análises: perda de massa, acidez titulável, pH, sólidos solúveis, valores L\*, h<sup>o</sup>, C\* e firmeza. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa Sisvar (Ferreira, 2000). A parcela experimental foi constituída por uma embalagem rígida de PP contendo, aproximadamente, 110 g de abobrinha minimamente processada, e uma embalagem a vácuo contendo em torno de 100 g do produto.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis concentrações de oxigênio ( $O_2$ ) e de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) foram influenciadas interativamente pelos fatores atmosfera modificada e tempo de armazenamento. As concentrações de  $O_2$  e  $CO_2$  no interior das diferentes embalagens contendo abobrinhas minimamente processadas diferiram estatisticamente, ao longo de todo o período de armazenamento (Tabela 2).

No tempo zero, ou seja, após acondicionar as fatias de abobrinha nas embalagens, a concentração de  $O_2$  presente dentro das embalagens rígidas de polipropileno (PP) com tampa do mesmo polímero, das envoltas com filme de policloreto de vinila (PVC) e das seladas com filme de polietileno (PE) + PP foi equivalente à do ar atmosférico, em média, 20,5%, não diferindo entre si, ao passo que, nas embalagens com atmosfera ativa contendo 2%  $O_2$  + 10%  $CO_2$  e 5%  $O_2$  + 5%  $CO_2$ , a concentração interna média de  $O_2$  foi de 3,1% e 6,6%, respectivamente (Tabela 2). A concentração inicial de  $O_2$  e  $CO_2$  contida nas embalagens com atmosfera ativa não foi igual à pré-estabelecida nas misturas gasosas do cilindro comercial, devido ao fato de a seladora de bandejas não realizar o vácuo antes da injeção da mistura gasosa, para a remoção do  $O_2$  atmosférico presente no interior da embalagem.

No terceiro dia, a concentração interna de  $O_2$  presente na embalagem rígida de PP com tampa contendo fatias de abobrinha foi de 20,3%, superior à das demais, enquanto nas embalagens rígidas de PP envoltas com filme de PVC e nas seladas passivamente com filme de PE + PP, esta concentração não diferiu, sendo de 8,0% e 5,4%, respectivamente, maior, entretanto, que a concentração de  $O_2$  observada no interior das embalagens rígidas de PP seladas ativamente, que apresentaram níveis bem baixos deste gás, 0,2% e 0,6%, para as misturas gasosas 2%  $O_2$  + 10%  $CO_2$  e 5%  $O_2$  + 5%  $CO_2$ , respectivamente (Tabela 2).

TABELA 2 Valores médios de concentração de oxigênio e dióxido de carbono no interior das diferentes embalagens contendo abobrinha ‘Menina Brasileira’ minimamente processada, armazenada a  $5 \pm 1^\circ\text{C}$  e UR  $90 \pm 5\%$ , por 9 dias.

Atmosfera Modificada	Tempo de armazenamento (dias)					
	0	3	6	9	12	15
Concentração de oxigênio						
Embalagem com tampa	20,5 a	20,3 a	20,2 a	20,2 a	20,2	20,2
Passiva PVC	20,6 a	8,0 b	<0,1 b	<0,1 b	-	-
Passiva selada	20,5 a	5,4 b	<0,1 b	<0,1 b	-	-
Ativa 2/10	3,1 c	0,2 c	<0,1 b	<0,1 b	-	-
Ativa 5/5	6,6 b	0,6 c	<0,1 b	<0,1 b	-	-
Concentração de dióxido de carbono						
Embalagem com tampa	<0,1 c	0,1 b	0,1 c	0,1 b	0,1	0,1
Passiva PVC	<0,1 c	3,4 ab	4,7 b	4,3 a	-	-
Passiva selada	<0,1 c	3,9 a	9,4 a	5,9 a	-	-
Ativa 2/10	9,2 a	5,6 a	5,1 b	6,5 a	-	-
Ativa 5/5	4,2 a	5,1 a	7,0 ab	6,9 a	-	-

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey, a 5%. Embalagem rígida de polipropileno (PP) com tampa (embalagem com tampa), envolta passivamente com filme de policloreto de vinila (PVC) (passiva PVC), selada com filme de polietileno + PP passiva (passiva selada) e ativamente com 5% de O<sub>2</sub> + 5% CO<sub>2</sub> (ativa 5/5) e com 2% de O<sub>2</sub> + 10% CO<sub>2</sub> (ativa 2/10).

No sexto e nono dias, somente a concentração de  $O_2$  (20,2%) presente no interior da embalagem rígida de PP com tampa contendo fatias de abobrinha diferiu daquela encontrada nas embalagens rígidas de PP envoltas com filme de PVC, seladas passiva e ativamente com filme de PE + PP, que foi, em média, menor que 0,1% (Tabela 2), sugerindo que a abobrinha minimamente processada acondicionada nestas embalagens encontrava-se em anaerobiose. Assim, estas embalagens com concentração reduzida de  $O_2$ , ao serem abertas, apresentavam odores desagradáveis, característicos de fermentação.

Em condições atmosféricas desfavoráveis, em que a concentração de oxigênio é limitada ou ausente, ocorre o processo da fermentação (respiração anaeróbica), por meio do qual o ácido pirúvico é convertido a dióxido de carbono e acetaldeído e este, posteriormente, é transformado em etanol. O acúmulo de acetaldeído e de etanol, em níveis tóxicos, causa a morte celular e a perda do produto (Chitarra & Chitarra, 2005).

Durante o armazenamento, observou-se uma rápida redução nos níveis de  $O_2$  no interior das embalagens rígidas de PP envoltas com filme de PVC e seladas passiva e ativamente com filme de PE + PP contendo abobrinha minimamente processada. Isso ocorreu devido ao fato de esses filmes possuírem uma taxa de permeabilidade ao  $O_2$  que não compensa o consumo deste gás pelo processo respiratório aeróbico das fatias de abobrinha. Entretanto, este fato não foi constatado nas embalagens rígidas de PP com tampa, em que o  $O_2$  entrou nesta embalagem, tendo uma alteração mínima deste gás, promovida pela respiração do produto, ao longo do armazenamento de 20,5% para 20,2%.

A concentração interna de  $CO_2$ , no tempo zero, foi, em média, maior (9,2%) para a embalagem rígida contendo a mistura gasosa 2%  $O_2$  + 10%  $CO_2$ , seguida da 5%  $O_2$  + 5%  $CO_2$  que continha, em média, 4,2% de  $CO_2$  e, por último, as menores concentrações (<0,1%), que foram verificadas nas embalagens rígidas de PP com tampa, seladas passivamente com filme de PE +

PP e envoltas com filme de PVC (Tabela 2). A concentração deste gás no interior das embalagens rígidas com tampa contendo fatias de abobrinha foi menor que nas seladas passiva e ativamente com filme de PE + PP, no terceiro dia e inferior que todas embalagens no sexto e nono dias de armazenamento.

Observou-se oscilação na concentração de CO<sub>2</sub> no interior das embalagens rígidas de PP contendo fatias de abobrinha ao longo do armazenamento, o que é devido, possivelmente, à permeabilidade dos filmes estudados a este gás, exceto na embalagem rígida com tampa (Tabela 2) que, provavelmente, possibilitou a saída do CO<sub>2</sub> através do encaixe da tampa com a embalagem. Portanto, observou-se uma mínima variação na concentração deste gás, de <0,1% para 0,1% no interior da embalagem contendo fatias de abobrinha, com o armazenamento. De acordo com Kader (2002) e Silva et al. (2005), uma embalagem adequada, para acondicionar a maioria das hortaliças minimamente processadas (exceto aquelas que toleram baixos níveis de O<sub>2</sub> e altos de CO<sub>2</sub>), deve ser mais permeável ao CO<sub>2</sub> que ao O<sub>2</sub>, cerca de 3 a 5 vezes, dependendo da atmosfera desejada.

Pôde-se notar que a embalagem rígida com tampa contendo fatias de abobrinha promoveu uma mínima modificação atmosférica no seu interior ao longo do armazenamento, uma vez que as concentrações de O<sub>2</sub> reduziram de 20,5% para 20,2% e as de CO<sub>2</sub> aumentaram de <0,1% para 0,1% (Tabela 2). Assim, atmosfera interna observada nesta embalagem, que não causou anaerobiose às fatias de abobrinha, foi conseguida, possivelmente, devido ao fato do O<sub>2</sub> entrar e do CO<sub>2</sub> sair pelo encaixe entre a tampa rígida de polipropileno e a embalagem rígida do mesmo polímero.

A variável aparência global foi afetada interativamente pelos fatores atmosfera modificada e tempo de armazenamento. As notas atribuídas à aparência das fatias de abobrinha embaladas em diferentes condições diferiram estatisticamente, em todos os dias de armazenamento (Tabela 3).

TABELA 3 Valores médios de aparência (notas) e de porcentagem de aceitabilidade de abobrinha ‘Menina Brasileira’ minimamente processada, acondicionada em diferentes embalagens e armazenada a  $5 \pm 1^\circ\text{C}$  e UR  $90 \pm 5\%$ , por 9 dias.

Atmosfera modificada	Tempo de armazenamento (dias)					
	0	3	6	9	12	15
Aparência						
Embalagem com tampa	3,96 b	3,98 a	3,88 a	3,40 a	3,50	2,96
Passiva PVC	3,34 c	3,36 b	3,48 a	3,10 b	-	-
Passiva selada	3,30 c	3,10 b	3,00 b	2,76 b	-	-
Ativa 2/10	3,46 c	3,32 b	2,96 b	2,84 b	-	-
Ativa 5/5	3,70 c	3,42 b	3,24 b	3,00 b	-	-
Vácuo	4,38 a	3,70 a	3,82 a	3,02 b	-	-
Porcentagem de aceitabilidade						
Embalagem com tampa	76	80	78	68	62	44
Passiva PVC	56	58	66	42	-	-
Passiva selada	60	50	46	32	-	-
Ativa 2/10	68	60	38	40	-	-
Ativa 5/5	74	66	54	46	-	-
Vácuo	92	66	70	50	-	-

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Scott-Knott, a 5%.

Embalagem rígida de polipropileno (PP) com tampa (embalagem com tampa), envolta passivamente com filme de policloreto de vinila (PVC) (passiva PVC), selada com filme de polietileno + PP passiva (passiva selada) e ativamente com 5% de O<sub>2</sub> + 5% CO<sub>2</sub> (ativa 5/5) e com 2% de O<sub>2</sub> + 10% CO<sub>2</sub> (ativa 2/10) e embalagem a vácuo (vácuo).

Notas: 1- desgostei muito, 2- desgostei, 3- não gostei/nem desgostei, 4- gostei e 5- gostei muito.

Inicialmente, a embalagem a vácuo determinou a maior nota (4,38) para a aparência das abobrinhas minimamente processadas e, conseqüentemente, maior aceitabilidade por parte dos provadores (92%), seguida da embalagem rígida com tampa (3,96) e por último das embalagens rígidas de PP envoltas com filme de PVC e das seladas passiva e ativamente com filme de PE + PP. A embalagem a vácuo proporcionou grande apelo visual ao produto, o que a tornou atrativa para os provadores, resultado este que pode ser comprovado pela maior intenção de compra apresentada por esta embalagem contendo fatias de abobrinha (Tabela 3).

No terceiro dia, as fatias embaladas a vácuo e as acondicionadas em embalagens rígidas com tampa receberam notas superiores de aparência em relação às demais, demonstrando maior preferência pelos consumidores. Já no sexto dia, além das fatias embaladas nestas duas condições anteriores, as mantidas em embalagem rígida envolta com filme de PVC também receberam a maior nota para aparência. No nono dia, a embalagem rígida com tampa determinou a nota mais alta (3,40) referente à aparência das fatias de abobrinha em relação às demais embalagens, indicando maior aceitabilidade desta embalagem em relação às demais (Tabela 3). Deste modo somente esta embalagem contendo as fatias de abobrinha seria adquirida pelos provadores.

A baixa aceitabilidade das fatias de abobrinha embaladas passiva e ativamente com filme de PE + PP (Tabela 3), sempre demonstrada, pode ser devido ao fato de esse filme apresentar baixa taxa de permeabilidade ao vapor d'água (Tabela 1), o que ocasionou a condensação de água na superfície interna deste filme. Esse fator compromete seu aspecto visual, diminuindo, assim, a sua aceitação pelos provadores, além do possível risco de contaminação microbiana.

Pôde-se observar correlação positiva ( $r = 0,9609$ ) e significativa ( $p < 0,0001$ ) entre as notas de aparência e a porcentagem de aceitabilidade da abobrinha minimamente processada embalada em diferentes condições (Tabela

3). Assim, notas altas de aparência indicam que a aceitabilidade do produto pelos provadores também é alta. A aparência é um fator decisivo para a aceitação e eventual compra de frutas e hortaliças minimamente processadas. Portanto, no nono dia, todas as embalagens contendo fatias de abobrinha, exceto a embalagem rígida com tampa, receberam notas bem próximas a três, referente ao conceito não gostei/nem desgostei, tendo baixa aceitabilidade ( $\leq 50\%$ ).

De acordo com os resultados da análise de monitoramento da concentração de  $O_2$  e  $CO_2$  no interior das embalagens, apenas as abobrinhas minimamente processadas acondicionadas em embalagem rígida com tampa alcançaram vida útil de 15 dias. No décimo segundo dia, a nota média da aparência das fatias acondicionadas nesta embalagem foi 3,50, estando entre o conceito gostei e não gostei/nem desgostei, tendo, ainda, boa aceitabilidade pelos provadores, de 62%.

No entanto, a nota relativa ao último dia de armazenamento foi 2,96, com apenas 44% de aceitabilidade pelos consumidores (Tabela 3), quando o produto, provavelmente, já não apresentava mais aparência tão atraente e a intenção de compra era menor que 50%. Desse modo, como a aparência é o primeiro atributo de qualidade avaliado pelo consumidor, a embalagem rígida com tampa determinou condições ideais que propiciaram a preservação da aparência das fatias de abobrinha até o décimo segundo dia.

O tempo de armazenamento não influenciou a aparência das abobrinhas minimamente processadas acondicionadas em embalagem rígida selada passivamente com filme PE + PP, nem aquela envolta passivamente com filme de PVC, sendo os valores médios de aparência de 3,04 e 3,32, respectivamente. As notas referentes à aparência das fatias de abobrinha acondicionadas em embalagens rígidas de PP com tampa do mesmo polímero, seladas ativamente com filme de PE + PP com as seguintes misturas gasosas 2%  $O_2$  + 10%  $CO_2$  e 5%  $O_2$  + 5%  $CO_2$  e as embaladas a vácuo diminuíram linearmente ao longo do

armazenamento (Figura 1A e 1B), podendo-se notar tendência na redução da qualidade visual do produto, pois ao final do armazenamento receberam notas de aparência referente ao conceito não gostei/nem desgostei.

De acordo com os resultados, pode-se notar que a aparência do produto minimamente processado exerce papel fundamental na decisão de compra do consumidor, uma vez que é por meio da observação deste parâmetro que o consumidor seleciona, escolhe e consome o alimento. Assim, produtos com características sensoriais inadequadas são rejeitados. Uma vez que a disponibilidade no mercado de produtos, com qualidade sensorial adequada, contribui para a satisfação do consumidor e, conseqüentemente, favorece um maior consumo do produto em questão (Deliza, 2000).

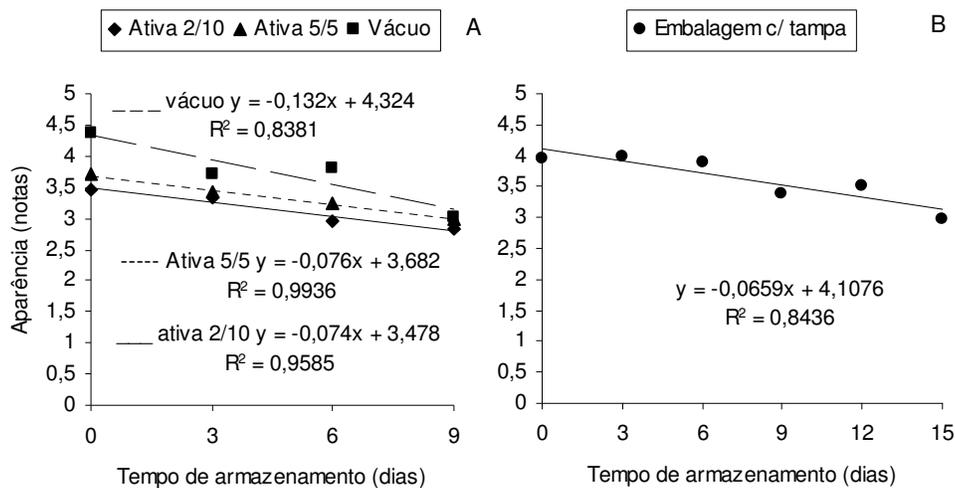


FIGURA 1 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação de aparência em abobrinha ‘Menina Brasileira’ minimamente processada, embalada a vácuo (vácuo), acondicionada em embalagem rígida de polipropileno (PP) selada ativamente com filme de polietileno + PP contendo 2% O<sub>2</sub> + 10% CO<sub>2</sub> (ativa 2/10) e 5% O<sub>2</sub> + 5% CO<sub>2</sub> (ativa 5/5) (A) e em embalagem rígida de PP com tampa do mesmo polímero (embalagem com tampa) (B) e armazenadas a 5 ± 1°C e UR 90 ± 5%, por 9 dias.

A variável perda de massa foi influenciada significativamente pela interação entre os fatores atmosfera modificada e tempo de armazenamento. A embalagem rígida envolta com filme de PVC promoveu maior porcentagem de perda de massa às fatias de abobrinha em relação às demais embalagens, durante todo o armazenamento (Tabela 4). Isso porque o filme de PVC possui taxa de permeabilidade ao vapor d'água superior à dos demais filmes usados estudados (Tabela 1).

TABELA 4 Valores médios de perda de massa (%) de abobrinha 'Menina Brasileira' minimamente processada, acondicionada em diferentes embalagens e armazenada a  $5 \pm 1^\circ\text{C}$  e UR  $90 \pm 5\%$ , por 9 dias.

Atmosfera modificada	Tempo de armazenamento (dias)		
	3	6	9
Passiva PVC	0,660 a	1,070 a	1,563 a
Passiva selada	0,000 b	0,001 b	0,057 b
Ativa 2/10	0,037 b	0,080 b	0,120 b
Ativa 5/5	0,003 b	0,063 b	0,120 b
Vácuo	0,000 b	0,017 b	0,083 b

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey, a 5%. Embalagem rígida de polipropileno (PP) envolta passivamente com filme de policloreto de vinila (PVC) (passiva PVC), selada com filme de polietileno + PP passiva (passiva selada) e ativamente com 5% de O<sub>2</sub> + 5% CO<sub>2</sub> (ativa 5/5) e com 2% de O<sub>2</sub> + 10% CO<sub>2</sub> (ativa 2/10) e embalagem a vácuo (vácuo).

O tempo afetou somente a perda de massa das fatias de abobrinha acondicionadas em embalagem rígida envolta com filme de PVC (Figura 2). Pôde-se observar que houve aumento na porcentagem de perda de massa das fatias de abobrinha acondicionadas nesta embalagem com o armazenamento, atingindo 1,56% no final. Este aumento não afetou a aparência das fatias, uma vez que não houve variação nas notas de aparência ao longo do armazenamento.

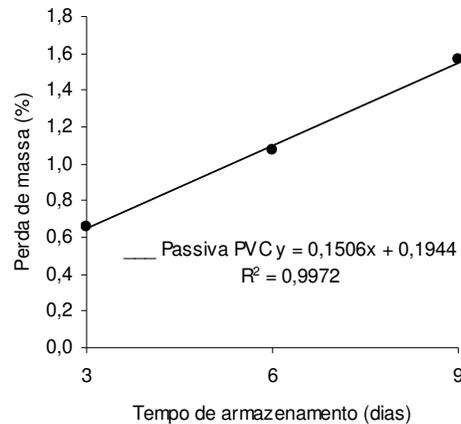


FIGURA 2 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação de perda de massa em abobrinha ‘Menina Brasileira’ minimamente processada, acondicionada em embalagem rígida de PP envolta passivamente com filme de policloreto de vinila (PVC) (passiva PVC) e armazenada a  $5 \pm 1^\circ\text{C}$  e UR  $90 \pm 5\%$ , por 9 dias.

Houve interação significativa entre os fatores atmosfera modificada e tempo de armazenamento, para a variável acidez titulável. Observaram-se diferenças estatísticas nos valores de acidez titulável das fatias de abobrinha embaladas em diferentes condições no sexto e no nono dias (Tabela 5). As fatias de abobrinha embaladas a vácuo apresentaram maior acidez titulável, quando comparadas com as acondicionadas em embalagem rígida selada passiva e ativamente ( $5\% \text{O}_2 + 5\% \text{CO}_2$ ) com filme de PE + PP, no sexto dia (Tabela 5). Já no nono dia, a embalagem a vácuo determinou maior acidez às fatias de abobrinha em relação às mantidas em embalagem rígida envolta com filme de PVC, selada passiva e ativamente ( $2\% \text{O}_2 + 10\% \text{CO}_2$ ) com filme de PE + PP.

As fatias de abobrinha embaladas a vácuo, provavelmente, consumiram o baixo nível de  $\text{O}_2$  presente, inicialmente, no interior desta embalagem, conduzindo-as ao processo de anaerobiose que, neste caso, possivelmente foi mais intenso, em virtude dos maiores teores de ácido orgânico observados no

final do armazenamento (Tabela 5). De acordo com Taiz & Zeiger (2004), em células saudáveis, os conteúdos vacuolares (pH 5,8) são mais ácidos do que o citoplasma (pH 7,4). Mas, sob condições de extrema deficiência de O<sub>2</sub>, os prótons saem gradualmente do vacúolo para o citoplasma, somando-se à acidez gerada na ruptura inicial da fermentação do ácido láctico. Tais mudanças de pH (acidose citosólica) estão associadas ao começo da morte celular.

TABELA 5 Valores médios de acidez titulável (volume gasto, em mL, de NaOH 0,01N) de abobrinha ‘Menina Brasileira’ minimamente processada, acondicionada em diferentes embalagens e armazenada a 5 ± 1°C e UR 90 ± 5%, por 9 dias.

Atmosfera modificada	Tempo de armazenamento (dias)			
	0	3	6	9
Passiva PVC	1,00 a	0,70 a	0,70 ab	0,53 bc
Passiva selada	1,00 a	0,73 a	0,60 b	0,47 c
Ativa 2/10	1,00 a	0,80 a	0,67 ab	0,53 bc
Ativa 5/5	1,00 a	0,70 a	0,60 b	0,63 ab
Vácuo	1,00 a	0,77 a	0,73 a	0,70 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey, a 5%. Embalagem rígida de polipropileno (PP) envolta passivamente com filme de policloreto de vinila (PVC) (passiva PVC), selada com filme de polietileno + PP passiva (passiva selada) e ativamente com 5% de O<sub>2</sub> + 5% CO<sub>2</sub> (ativa 5/5) e com 2% de O<sub>2</sub> + 10% CO<sub>2</sub> (ativa 2/10) e embalagem a vácuo (vácuo).

Houve decréscimo na acidez titulável das fatias de abobrinha acondicionadas em diferentes embalagens com o armazenamento (Figura 3A e 3B). A redução inicial observada na acidez foi ocasionada, possivelmente, pelo consumo dos ácidos orgânicos pelo processo respiratório aeróbico das fatias de abobrinha, pois, no início, havia a presença de O<sub>2</sub> (Tabela 2).

O filme plástico da embalagem a vácuo, certamente, possui alta barreira

ao CO<sub>2</sub>, ocorrendo, assim, acúmulo deste gás dentro da embalagem. Chitarra & Chitarra (2005) citam que quando em níveis elevados (>10%), o CO<sub>2</sub> pode apresentar efeito semelhante ao causado por condições de anaerobiose. Concentrações de CO<sub>2</sub> iguais ou superiores a 15% resultam em acúmulo do succinato em níveis tóxicos aos tecidos, com danos irreversíveis.

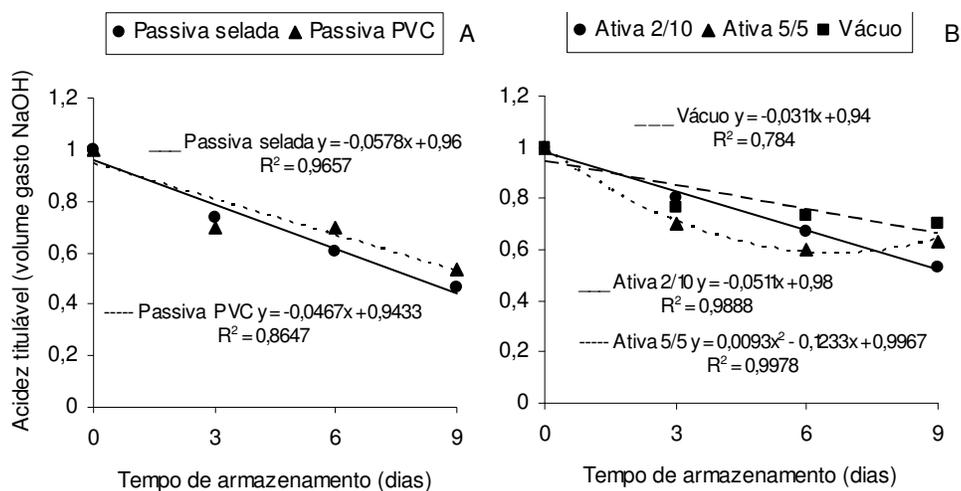


FIGURA 3 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação de acidez titulável em abobrinha ‘Menina Brasileira’ minimamente processada, acondicionada em embalagem rígida de polipropileno (PP) selada passivamente com filme de polietileno (PE) + PP (passiva selada), envolta passivamente com filme de policloreto de vinila (PVC) (passiva PVC) (A), embalada a vácuo (vácuo) e acondicionada em embalagem rígida de PP selada ativamente com filme de PE + PP contendo 2% O<sub>2</sub> + 10% CO<sub>2</sub> (ativa 2/10) e 5% O<sub>2</sub> + 5% CO<sub>2</sub> (ativa 5/5) (B) e armazenadas a 5 ± 1°C e UR 90 ± 5%, por 9 dias.

A condição de anaerobiose, verificada a partir do sexto dia no interior das embalagens rígidas, contendo abobrinha minimamente processada, envoltas passivamente com filme de PVC, seladas passiva e ativamente (5% O<sub>2</sub> + 5%

CO<sub>2</sub> e 2% O<sub>2</sub> + 10% CO<sub>2</sub>) com filme de PE + PP (Tabela 2), pode resultar em aumento da respiração como ocorre com muitos produtos. Isso se deve ao fato de a célula continuar a requerer energia, mesmo nessa condição. Em decorrência da baixa eficiência de conservação de energia na fermentação, uma maior taxa de glicólise é requerida para sustentar a produção de ATP necessária para a sobrevivência celular; isto é denominado efeito Pasteur (Buchanan et al., 2000; Chitarra & Chitarra, 2005; Mir & Beaudry, 2002; Taiz & Zeiger, 2004).

Assim sendo, Kato-Noguchi & Watada (1997) verificaram que baixo O<sub>2</sub> (0,5%) aumenta a frutose-2,6-bisfosfato em cenouras minimamente processadas que, por sua vez, aumenta a atividade da enzima fosfofrutoquinase dependente de pirofosfato para catalisar a reação de frutose-6-fosfato a frutose-1,6-bisfosfato, acelerando a glicólise, tornando-se os tecidos dependentes desta via para manter o suplemento de energia.

A variável pH foi influenciada interativamente pelos fatores atmosfera modificada e tempo de armazenamento. Os valores de pH das fatias de abobrinha embaladas em diferentes condições diferiram estatisticamente a partir do terceiro dia (Tabela 6). O pH das abobrinhas minimamente processadas embaladas a vácuo foi menor que o das acondicionadas em embalagens rígidas seladas passivamente com filme de PE + PP, no terceiro dia, que a selada passiva e ativamente (5% O<sub>2</sub> + 5% CO<sub>2</sub>) com este mesmo filme, no sexto dia e que o das demais embalagens estudadas, no nono dia de armazenamento (Tabela 6). Isso sugere-se o fato de ter ocorrido acidose citosólica, em virtude do processo fermentativo.

Os valores de pH das fatias de abobrinha acondicionadas em diferentes embalagens aumentaram ao longo do armazenamento (Figura 4A e 4B); este acréscimo foi ocasionado pela redução nos teores de ácidos orgânicos (Figura 3A e 3B), uma vez que estes foram usados como substrato respiratório no metabolismo anaeróbico das fatias de abobrinha, como explicado anteriormente.

TABELA 6 Valores médios de pH de abobrinha ‘Menina Brasileira’ minimamente processada, acondicionada em diferentes embalagens e armazenada a  $5 \pm 1^\circ\text{C}$  e UR  $90 \pm 5\%$ , por 9 dias.

Atmosfera modificada	Tempo de armazenamento (dias)			
	0	3	6	9
Passiva PVC	6,13 a	6,27 ab	6,55 c	6,85 a
Passiva selada	6,13 a	6,52 a	6,97 a	7,07 a
Ativa 2/10	6,13 a	6,39 ab	6,86 ab	6,97 a
Ativa 5/5	6,13 a	6,36 ab	7,08 a	6,92 a
Vácuo	6,13 a	6,20 b	6,64 bc	6,43 b

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey, a 5%. Embalagem rígida de polipropileno (PP) envolta passivamente com filme de policloreto de vinila (PVC) (passiva PVC), selada com filme de polietileno + PP passiva (passiva selada) e ativamente com 5% de  $\text{O}_2$  + 5%  $\text{CO}_2$  (ativa 5/5) e com 2% de  $\text{O}_2$  + 10%  $\text{CO}_2$  (ativa 2/10) e embalagem a vácuo (vácuo).

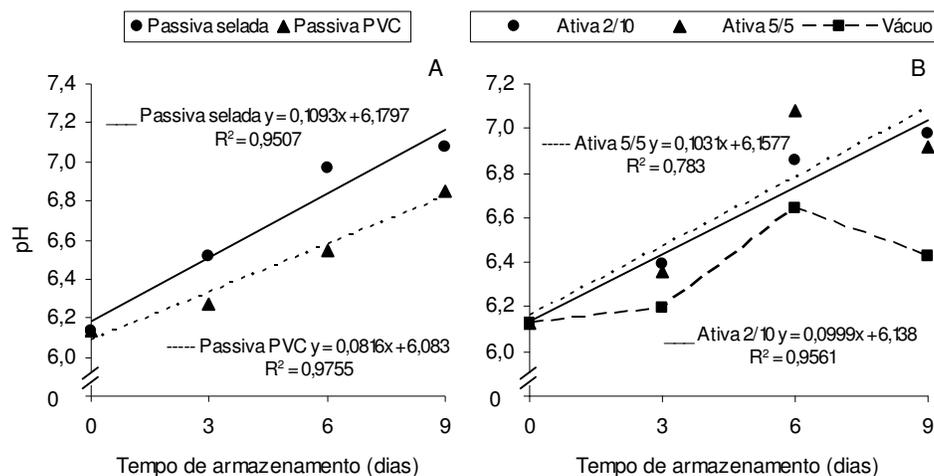


FIGURA 4 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação de pH em abobrinha ‘Menina Brasileira’ minimamente processada, acondicionada em embalagem rígida de polipropileno (PP) selada passivamente com filme de polietileno (PE) + PP (passiva selada), envolta passivamente com filme de policloreto de vinila (PVC) (passiva PVC) (A), embalada a vácuo (vácuo) e acondicionada em embalagem rígida de PP selada ativamente com filme de PE + PP contendo 2%  $\text{O}_2$  + 10%  $\text{CO}_2$  (ativa 2/10) e 5%  $\text{O}_2$  + 5%  $\text{CO}_2$  (ativa 5/5) (B) e armazenadas a  $5 \pm 1^\circ\text{C}$  e UR  $90 \pm 5\%$ , por 9 dias.

A variável sólidos solúveis foi afetada significativamente somente pelo fator tempo de armazenamento. Observou-se pequena redução nos teores de sólidos solúveis das abobrinhas minimamente processadas com o passar do tempo de armazenamento (Figura 5).

Os sólidos solúveis foram, possivelmente, consumidos juntamente com os ácidos orgânicos no metabolismo respiratório anaeróbico das fatias de abobrinha. Portanto, como a produção de ATP por esta via é deficiente, a respiração é acelerada na tentativa de repor o suprimento energético para os tecidos (Chitarra & Chitarra, 2005).

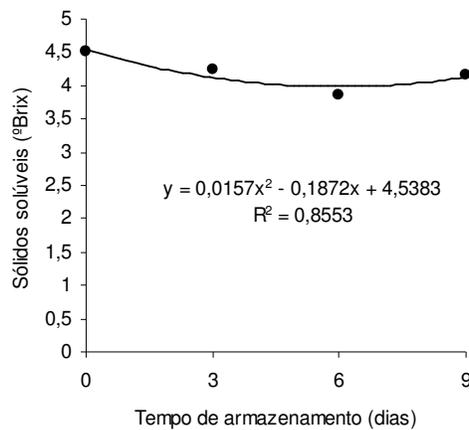


FIGURA 5 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação de sólidos solúveis em abobrinha 'Menina Brasileira' minimamente processada, acondicionada em diferentes embalagens e armazenada a  $5 \pm 1^\circ\text{C}$  e UR  $90 \pm 5\%$ , por 9 dias.

Houve interação significativa dos fatores atmosfera modificada e tempo de armazenamento, para a variável valor  $L^*$ . Esse valor indica quão claro ou quão escuro é o produto, variando de zero (totalmente preto) a cem (totalmente branco). O valor  $L^*$  das fatias de abobrinha embaladas a vácuo foi menor que o

das fatias acondicionadas nas demais embalagens, no terceiro e no sexto dias de armazenamento. Entretanto, no nono dia, as fatias embaladas a vácuo apenas não diferiram daquelas acondicionadas em embalagem rígida selada ativamente (2% O<sub>2</sub> + 10% CO<sub>2</sub>) com filme de PE + PP (Tabela 7).

Na respiração anaeróbica, há a produção de acetaldeído e etanol, que são fitotóxicos, o acúmulo desses promove o comprometimento da organização celular. Níveis elevados de CO<sub>2</sub> têm ação sobre a respiração, por inibirem a succinato desidrogenase, causando acúmulo de succinato, que é tóxico ao tecidos. Portanto, em condições adversas, ocorre o aparecimento de sintomas de desordens fisiológicas, causando, principalmente, alterações no sabor, na cor, na textura e nas características químicas do produto (Chitarra & Chitarra, 2005).

TABELA 7 Valores médios de L\* em abobrinha ‘Menina Brasileira’ minimamente processada, acondicionada em diferentes embalagens e armazenada a 5 ± 1°C e UR 90 ± 5%, por 9 dias.

Atmosfera modificada	Tempo de armazenamento (dias)			
	0	3	6	9
Passiva PVC	80,98 a	79,47 a	82,80 a	83,05 a
Passiva selada	80,98 a	79,01 a	83,20 a	82,14 a
Ativa 2/10	80,98 a	77,96 a	82,18 a	79,56 ab
Ativa 5/5	80,98 a	78,15 a	82,20 a	80,88 a
Vácuo	80,98 a	72,30 b	73,80 b	75,17 b

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey, a 5%. Embalagem rígida de polipropileno (PP) envolta passivamente com filme de policloreto de vinila (PVC) (passiva PVC), selada com filme de polietileno + PP passiva (passiva selada) e ativamente com 5% de O<sub>2</sub> + 5% CO<sub>2</sub> (ativa 5/5) e com 2% de O<sub>2</sub> + 10% CO<sub>2</sub> (ativa 2/10) e embalagem a vácuo (vácuo).

O tempo de armazenamento influenciou o valor L\*, apenas das fatias de abobrinha embaladas a vácuo. O valor L\* destas fatias diminuiu até o sexto dia

de armazenamento, em seguida, observou-se tendência de estabilização (Figura 6), indicando que estas ficaram notadamente mais escuras devido, provavelmente, ao processo de anaerobiose, que levou à morte celular.

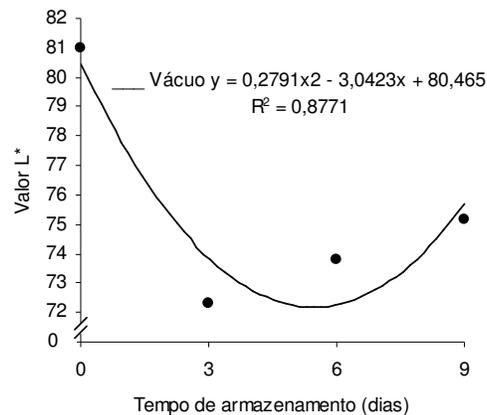


FIGURA 6 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação de valor L\* em abobrinha 'Menina Brasileira' minimamente processada, embalada a vácuo e armazenada a  $5 \pm 1^\circ\text{C}$  e UR  $90 \pm 5\%$ , por 9 dias.

Houve efeito significativo somente do fator tempo de armazenamento para a variável ângulo de cor ou ângulo de tonalidade ( $h^\circ$ ). O  $h^\circ$  é a grandeza que caracteriza a qualidade da cor (azul, vermelho, etc.), permitindo diferenciá-la. Por convenção, o ângulo  $0^\circ$  é fixado no eixo horizontal com +a (vermelho), aumentando no sentido anti-horário,  $h = 90^\circ$  (amarelo),  $h = 180^\circ$  (verde) e  $h = 270^\circ$  (azul). Observou-se uma redução ao longo do armazenamento na tonalidade de cor das polpas das fatias de abobrinha, independentemente da embalagem usada, indicando que no início era amarelo-esverdeada ( $98,7^\circ$ ) e com o tempo tendeu para o amarelo ( $96,1^\circ$ ) (Figura 7).

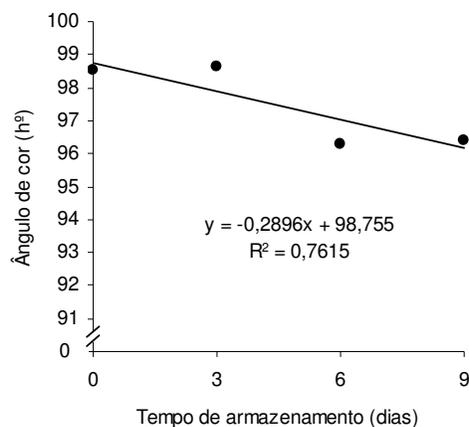


FIGURA 7 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação de ângulo de cor (hº) em abobrinha ‘Menina Brasileira’ minimamente processada, acondicionada em diferentes embalagens e armazenada a  $5 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $\text{UR } 90 \pm 5\%$ , por 9 dias.

A variável cromaticidade ( $C^*$ ) foi influenciada significativamente pelos fatores atmosfera modificada e tempo de armazenamento, isoladamente. O  $C^*$  descreve a intensidade de uma tonalidade de cor. Quanto maior o valor de  $C^*$  mais intensa a cor. De acordo com os dados da Tabela 8, a embalagem a vácuo determinou uma cor mais intensa as fatias de abobrinha, em relação às acondicionadas em embalagem rígida selada passivamente com filme de PVC e com filme de PE + PP.

Este resultado, aliado ao valor  $L^*$ , permite inferir que as condições severas de anaerobiose ocorridas nas fatias de abobrinha embaladas a vácuo, que conduziram, possivelmente à morte celular, promoveram alterações na cor das polpas, resultando na redução das notas referentes à aparência ao longo do armazenamento (Figura 1). Não houve ajuste estatístico para o valor de  $C^*$  das fatias de abobrinhas acondicionadas em diferentes embalagens durante o armazenamento, que foi, em média, 27,45.

TABELA 8 Valores médios de cromaticidade (C\*) de abobrinha ‘Menina Brasileira’ minimamente processada, acondicionada em diferentes embalagens e armazenada a  $5 \pm 1^\circ\text{C}$  e UR  $90 \pm 5\%$ , por 9 dias.

Atmosfera modificada	C*
Passiva PVC	26,72 bc
Passiva selada	26,14 c
Ativa 2/10	28,09 ab
Ativa 5/5	27,70 abc
Vácuo	28,63 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey, a 5%. Embalagem rígida de polipropileno (PP) envolta passivamente com filme de policloreto de vinila (PVC) (passiva PVC), selada com filme de polietileno + PP passiva (passiva selada) e ativamente com 5% de O<sub>2</sub> + 5% CO<sub>2</sub> (ativa 5/5) e com 2% de O<sub>2</sub> + 10% CO<sub>2</sub> (ativa 2/10) e embalagem a vácuo (vácuo).

A variável firmeza foi afetada significativamente pelos fatores atmosfera modificada, tempo de armazenamento e pela interação entre estes fatores. A firmeza das fatias de abobrinha embaladas em diferentes condições diferiu estatisticamente a partir do terceiro dia de armazenamento (Tabela 9).

No terceiro e sexto dias, a embalagem a vácuo determinou menor firmeza às fatias de abobrinha em relação às embalagens rígidas envoltas com filme de PVC e seladas ativamente. Já no nono dia, apenas as fatias embaladas a vácuo apresentaram menor firmeza em relação às demais (Tabela 9). A embalagem a vácuo afetou negativamente a firmeza das fatias de abobrinha, devido ao fato do processo fermentativo ter sido mais intenso nestas condições, que causou colapso celular, conduzindo ao extravasamento do suco celular, acumulando líquido no interior da embalagem.

Outros produtos minimamente processados embalados a vácuo e armazenados a  $5^\circ\text{C}$ , como pimentões (González-Aguilar et al., 2004) e batatas (Pineli et al., 2005), também apresentaram perda de firmeza, além da presença de líquidos extravasados no interior da embalagem, como aconteceu com as

abobrinhas minimamente processadas embaladas a vácuo.

TABELA 9 Valores médios de firmeza (N) de abobrinha ‘Menina Brasileira’ minimamente processada, acondicionada em diferentes embalagens e armazenada a  $5 \pm 1^\circ\text{C}$  e UR  $90 \pm 5\%$ , por 9 dias.

Atmosfera modificada	Tempo de armazenamento (dias)			
	0	3	6	9
Passiva PVC	1,832 a	1,957 a	2,097 a	1,735 a
Passiva selada	1,832 a	1,712 ab	1,497 bc	1,348 ab
Ativa 2/10	1,832 a	1,793 a	1,662 b	1,323 b
Ativa 5/5	1,832 a	1,863 a	1,535 b	1,411 ab
Vácuo	1,832 a	1,335 b	1,109 c	0,689 c

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey, a 5%. Embalagem rígida de polipropileno (PP) envolta passivamente com filme de policloreto de vinila (PVC) (passiva PVC), selada com filme de polietileno + PP passiva (passiva selada) e ativamente com 5% de O<sub>2</sub> + 5% CO<sub>2</sub> (ativa 5/5) e com 2% de O<sub>2</sub> + 10% CO<sub>2</sub> (ativa 2/10) e embalagem a vácuo (vácuo).

O tempo de armazenamento somente não influenciou a firmeza das fatias de abobrinha acondicionadas em embalagem rígida envolta com filme de PVC, que foi, em média, 1,905 N. Observou-se redução linear, ao longo do armazenamento, na firmeza das fatias de abobrinha acondicionadas em embalagem rígida selada passiva e ativamente com filme de PE + PP, em média, de 1,883 para 1,391 (Figura 8A e 8B). O mesmo comportamento linear de decréscimo na firmeza foi verificado para as fatias embaladas a vácuo, porém ocorreu perda mais acentuada de firmeza com o armazenamento, em média de 1,790 para 0,693 (Figura 8A).

A perda de firmeza foi mais evidente nas fatias de abobrinha embaladas a vácuo, devido, provavelmente, ao maior acúmulo de etanol e acetaldeído, produtos da respiração anaeróbica, que levou ao rompimento da organização

celular (Chitarra & Chiatarra, 2005), ocasionando a perda de firmeza e o extravasamento do conteúdo celular. Ao abrir a embalagem a vácuo, observou-se acúmulo de líquido.

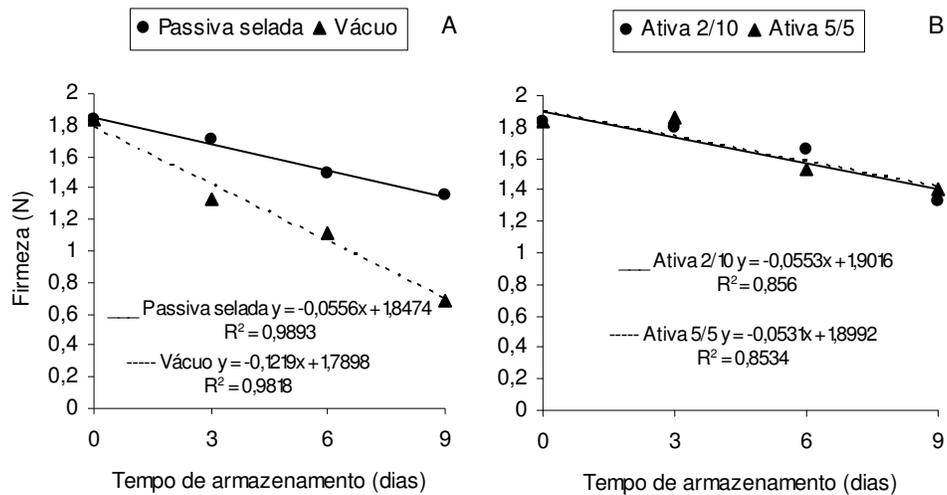


FIGURA 8 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação de firmeza em abobrinha ‘Menina Brasileira’ minimamente processada, acondicionada em embalagem a vácuo (vácuo) e embalagem rígida de polipropileno (PP) selada passiva (passiva selada) (A) e ativamente com filme de polietileno + PP contendo 2% O<sub>2</sub> + 10% CO<sub>2</sub> (ativa 2/10) e 5% O<sub>2</sub> + 5% CO<sub>2</sub> (ativa 5/5) (B) e armazenadas a 5 ± 1°C e UR 90 ± 5%, por 9 dias.

## 6 CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos, pode-se concluir que:

- as embalagens envoltas com filme de PVC e as seladas passiva e ativamente com filme de PE + PP não são recomendadas para manter a qualidade e prolongar a vida útil de fatias de abobrinhas, pois a concentração de O<sub>2</sub> no interior das mesmas atinge níveis próximos a 0%, após seis dias de armazenamento;
- a embalagem a vácuo é inadequada para a conservação de fatias de abobrinha, devido ao comprometimento da aparência, comprovado pelo valor L\*, à perda de firmeza, à redução do pH e ao aumento da acidez causados pela ausência de O<sub>2</sub>;
- a vida útil de abobrinhas ‘Menina Brasileira’ minimamente processadas é de 12 dias, quando acondicionadas em embalagem rígida de PP com tampa do mesmo polímero e armazenadas a  $5 \pm 1^\circ\text{C}$  e UR  $90 \pm 5\%$ , com base na análise sensorial de aparência e aceitabilidade. Esta embalagem também é indicada para o acondicionamento de fatias de abobrinha, por não promover condições de anaerobiose.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. **Biochemistry & molecular biology of plants**. Rockville: American Society of Plant Physiologists, 2000. 1367 p.

CANTWELL, M. I.; SUSLOW, T. V. Postharvest handling systems: fresh-cut fruits and vegetables. In: KADER, A. A. (Ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. 3. ed. Davis, California, 2002. cap. 36, p. 445-463.

CANTWELL, M. Postharvest handling systems: minimally processed fruits and vegetables. In: KADER, A. A. (Ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. 2. ed. Davis, California, 1992. cap. 12, p. 277-281.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. rev. e ampl. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

DELIZA, R. Importância da qualidade sensorial em produtos minimamente processado. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa. **Palestras...** Viçosa: UFV, 2000. p. 73-74.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR para windows versão 4. 0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Programa e Resumo...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 235.

GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A.; AYALA-ZAVALA, J. F.; RUIZ-CRUZ, S.; ACEDO-FÉLIX, E.; DIAZ-CINCO, M. E. Effect of temperature and modified atmosphere packaging on overall quality of fresh-cut bell peppers. **Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie**, San Diego, v. 37, n. 8, p. 817-826, 2004.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1985. v. 1, 533 p.

KADER, A. A. Modified atmospheres during transport and storage. In: KADER, A. A. (Ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. 3. ed. Davis, California, 2002. cap. 14, p. 135-144.

KATO-NOGUCHI, H.; WATADA, A. E. Effects of low-oxygen atmosphere on ethanolic fermentation in fresh-cut carrots. **Journal of Americal Society Horticultural Science**, Alexandria, v. 122, n. 1, p. 107-111, Jan. 1997.

MINOLTA. **Precise color communication**: color control from perception to instrumentation. Sakai, 1998. (Encarte)

MIR, N.; BEAUDRY, R. Atmosphere control using oxygen and carbon dioxide. In: KNEE, M. **Fruit quality and its biological basis**. Boca Raton: CRC Press, 2002. cap. 6, p. 122-156.

MORETTI, C. L.; PUSCHMANN, R. Processamento mínimo de hortaliças. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS; SIMPÓSIO IBERO-AMERICANO DE VEGETAIS FRESCOS CORTADOS, 4., 2006, São Pedro. **Palestras, Resumos, Fluxogramas e Oficinas...** Piracicaba: USP/ESALQ/CYTED, 2006. p. 234-239.

PINELI, L. L. O.; MORETTI, C. L.; ALMEIDA, G. C.; ONUKI, A. C. A.; NASCIMENTO, A. B. G. Caracterização química e física de batatas 'Ágata' minimamente processadas, embaladas sob diferentes atmosferas modificadas ativas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 10, p. 1035-1041, out. 2005.

R FOUNDATION FOR STATISTICAL COMPUTING. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna, 2006. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 26 nov. 2006.

SILVA, E. de O.; CARNELOSSI, M. A. G.; JACOMINO, A. P.; PUSCHMANN, R.; SOARES, N. de F. F.; ALVES, R. E.; MOSCA, J. L.; FILGUEIRAS, H. A. C.; BASTOS, M. do S. R.; SARRIA, S. D.; YAGUIU, P. Formas de presentación. In: GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A.; GARDEA, A. A.; CUAMEA-NAVARRO, F. (Ed.). **Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados**. Hermosillo: CIAD, A. C., 2005. cap. 3, p. 37-58.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

## **CAPÍTULO 6**

### **PERFIL VOLÁTIL DE ABOBRINHA ‘MENINA BRASILEIRA’ MINIMAMENTE PROCESSADA AO LONGO DO PERÍODO DE ARMAZENAMENTO**

## 1 RESUMO

VILAS BOAS, Brígida Monteiro. **Perfil volátil de abobrinha ‘Menina Brasileira’ minimamente processada ao longo do período de armazenamento.** 2007. 180 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil.\*

O objetivo deste trabalho foi avaliar o perfil volátil de abobrinha ‘Menina Brasileira’ minimamente processada, durante 15 dias de armazenamento a 5°C. De acordo com a técnica de *sniffing*, as substâncias hexanal, trans-hex-2-enal, cis-hex-3-en-1-ol, hexan-1-ol e trans-hex-2-en-1-ol são consideradas como os possíveis “compostos de caráter-impacto” da abobrinha minimamente processada. O perfil volátil de abobrinha minimamente processada sofre modificações ao longo do armazenamento, devido às alterações observadas nas porcentagens dos compostos odoríferos. Entretanto, de acordo com a análise sensorial do aroma total, essas alterações não comprometem a qualidade do aroma das fatias de abobrinha, durante o armazenamento a 5°C, por 15 dias.

---

\*Comitê Orientador: Prof. Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas - DCA/UFLA (orientador), Prof. Dr. Mário César Guerreiro - DQI/UFLA (co-orientador) e Profa. Dra. Roberta Hilsdorf Piccoli - DCA/UFLA (co-orientadora).

## 2 ABSTRACT

VILAS BOAS, Brígida Monteiro. **Volatile profile of fresh-cut ‘Menina Brasileira’ zucchini over the storage period.** 2007. 180 p. Thesis (Doctor in Food Science) - Federal University of Lavras, Lavras, MG, Brazil.\*

The goal of this work was to evaluate the volatile profile of fresh-cut ‘Menina Brasileira’ zucchini, during 15 days of storage at 5°C. According to the sniffing technique, hexanal, trans-hex-2-enal, cis-hex-3-en-1-ol, hexan-1-ol and trans-hex-2-en-1-ol are considered as the possible “character-impact compounds” of fresh-cut zucchini. The volatile profile of fresh-cut zucchini undergoes changes over the storage period, due alterations observed on the odor compounds percentage. However, in accord to sensory analysis of total aroma those changes do not affect the quality of the aroma of the slices of zucchini during 15 days of storage at 5°C.

---

\*Guidance Committee: Prof. Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas - DCA/UFLA (adviser), Prof. Dr. Mário César Guerreiro - DQI/UFLA (co-adviser) e Profa. Dra. Roberta Hilsdorf Piccoli - DCA/UFLA (co-adviser).

### 3 INTRODUÇÃO

As frutas e as hortaliças são fontes de vitaminas, minerais e fibras, sendo, portanto, alimentos saudáveis e importantes, principalmente por prevenir doenças do coração e riscos de câncer. O processamento mínimo de frutas e hortaliças prioriza fornecer ao consumidor um produto com maior praticidade no momento do uso, além de um produto saudável e fresco com características sensoriais e nutricionais semelhantes às do produto intacto. O uso de refrigeração no armazenamento de frutas e hortaliças minimamente processadas é essencial para minimizar as conseqüências negativas do corte, resultando em aumento da vida útil e maior manutenção da qualidade nutricional, aparência e sabor nestes produtos (Brecht, 1995).

O sabor, um fator decisivo na escolha e aceitação de alimentos e bebidas, é uma resposta integrada, principalmente, à sensação do gosto e do aroma. O gosto é atribuído aos compostos não voláteis nos alimentos, tais como açúcares, sais, limonina e ácidos, determinando os quatro gostos básicos conhecidos como doce, salgado, amargo e ácido, respectivamente. O aroma é bem mais complexo e deve-se a dezenas ou centenas de substâncias voláteis, representantes de várias classes químicas, com diferentes propriedades físico-químicas (Thomazini & Franco, 2000).

A combinação entre os compostos voláteis e, algumas vezes, a predominância de alguns deles, é que confere a individualidade ao aroma específico das espécies. O aroma característico destas espécies ou, mesmo, de diferentes cultivares é decorrente de um pequeno número desses compostos designados como compostos de caráter-impacto. A importância e a contribuição relativa de cada substância dependem do limiar da concentração que pode ser da ordem de uma parte por bilhão e da sua interação com outros compostos. Muitas

vezes, o sabor característico não é dado por compostos majoritários e, sim, por aqueles que estão presentes em concentrações mínimas, mas possuem alto poder odorífero (Chitarra & Chitarra, 2005; Garruti, 2003).

O padrão de mudanças nos componentes do aroma, tanto em quantidade como tipo durante a maturação, armazenamento e processamento, ainda não é bem definido. Do mesmo modo, também não se conhece, completamente, como cada componente é formado e metabolizado. Assim, mais complicada que a identificação dos numerosos compostos voláteis é a definição das rotas bioquímicas e químicas que levam à sua formação (Chitarra & Chitarra, 2005; Rodriguez-Amaya, 2003).

Os compostos voláteis vêm de diferentes vias metabólicas, como aminoácidos, ácidos graxos, compostos fenólicos e terpenóides. Os compostos voláteis derivados de ácidos graxos (isto é, álcoois, aldeídos e ésteres saturados e insaturados de cadeias curtas) originam-se dos lipídeos e são os produtos da via da lipoxigenase (Feussner & Wasternack, 2002). A via da lipoxigenase envolve a degradação oxidativa dos ácidos graxos poliinsaturados linoléico e linolênico que são quebrados em aldeídos voláteis com seis átomos de carbono (C6) ou de nove átomos de carbono (C9) (Salas et al., 2000). Os aldeídos C9 são importantes compostos de impacto do *flavor* em pepinos ou melões (Schieberle et al., 1990) e os C6 contribuem muito para a mistura de compostos voláteis que determinam o *flavor* do tomate (Gray et al., 1999).

Pesquisar os constituintes voláteis do *flavor* é bastante complexo, pois além de apresentarem diferentes propriedades químicas e estarem em quantidade extremamente diminutas, geralmente, os compostos voláteis são termolábeis. Esse tipo de pesquisa compreende quatro etapas fundamentais: a obtenção dos compostos voláteis, a separação por cromatografia gasosa, a análise sensorial e a identificação dos compostos voláteis (Thomazini & Franco, 2000).

Considerando-se o possível impacto do tempo de armazenamento sobre

o perfil volátil de vegetais minimamente processados e, conseqüentemente, sobre seu sabor e a carência de estudos sobre tal assunto, objetivou-se no presente trabalho avaliar o perfil volátil da abobrinha minimamente processada, armazenada a 5°C, por 15 dias.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### **Processamento mínimo**

Abobrinhas ‘Menina Brasileira’ provenientes das Centrais de Abastecimento de Minas Gerais S/A (CEASA-MG), Contagem, MG, foram adquiridas no mercado local de Lavras, MG, com ausência de injúrias físicas. Os frutos foram transportados para o Laboratório de Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças do Departamento de Ciência dos Alimentos, da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, MG.

As abobrinhas foram lavadas em água corrente com detergente neutro e, em seguida, sanificadas em solução de dicloroisocianurato de sódio  $100 \text{ mg.L}^{-1}$ , por 15 minutos. Apenas o “pescoço” dos frutos foi fatiado manualmente no sentido transversal (5 mm de espessura), utilizando-se faca afiada de aço inoxidável. As fatias de abobrinha foram imersas em solução de dicloroisocianurato de sódio  $100 \text{ mg.L}^{-1}$ , por 5 minutos e, logo após, foram colocadas em peneira plástica, para eliminar o excesso de água presente no produto. Em seguida, foram acondicionadas em embalagem rígida de polipropileno (15 x 11,5 x 4,5 cm), com tampa rígida do mesmo polímero previamente sanificada com hipoclorito de sódio  $300 \text{ mg.L}^{-1}$ . O armazenamento das embalagens foi feito em câmara fria  $5 \pm 1^\circ\text{C}$  (UR  $90 \pm 5\%$ ), por 15 dias e as análises dos compostos voláteis realizadas a cada 3 dias.

### **Obtenção dos compostos voláteis**

A extração dos compostos voláteis foi realizada no Laboratório de Química Orgânica, do Departamento de Química da UFLA, por meio da técnica de arraste a vapor, utilizando-se o aparelho de Clevenger modificado (Castro et al., 2006). Utilizou-se esta técnica de extração de óleos essenciais na expectativa

de obtenção de compostos voláteis. As fatias de abobrinha, em média 900 g, foram acondicionadas em balões de 6 L e a extração foi realizada por 2 horas, em temperatura constante (100°C). Decorrido esse tempo, o hidrolato foi coletado e particionado com diclorometano em funil de separação. A fase orgânica foi mantida em repouso por 10 minutos com sulfato de sódio anidro. Após filtrar, evaporou-se o solvente até a quantidade de 1 mL, usando-se um evaporador rotatório do tipo Büchi R-114, sob pressão entre 200 e 300 mmHg a 30°C. As amostras foram armazenadas em “freezer” (menos 18°C).

### **Quantificação dos compostos voláteis**

As análises quantitativas foram conduzidas no Laboratório de Química Orgânica, do Departamento de Química da UFLA, utilizando-se cromatógrafo gasoso Shimadzu GC-17A, equipado com detector de ionização de chamas, nas seguintes condições operacionais: coluna capilar de sílica fundida (30 m x 0,25 mm) com fase ligada DB5 (0,25 µm de espessura de filme); temperatura do injetor de 220°C; temperatura do detector de 240°C; programação da coluna com temperatura inicial de 40°C, sendo acrescentados 3°C a cada minuto até atingir 240°C; gás de arraste, nitrogênio, com fluxo de 2,2 mL.min<sup>-1</sup> na coluna; taxa de split 1:10; volume injetado de 1 µL e pressão na coluna de 115 kPa. A quantificação de cada constituinte foi obtida pelo método da normalização de área (%).

### **Identificação dos compostos voláteis**

As análises de identificação dos compostos voláteis foram realizadas no Laboratório de Análises e Sínteses de Agroquímicos, do Departamento de Química da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG por cromatografia gasosa associada à espectrometria de massas, utilizando-se aparelho Shimadzu GC-17A, com detector seletivo de massas modelo QP 5050A, sob as seguintes

condições operacionais: coluna capilar de sílica fundida (30 m x 0,25 mm) com fase ligada DB5 (0,25 µm de espessura de filme); temperatura do injetor de 220°C; programação da coluna com temperatura inicial de 40°C, sendo acrescidos 3°C a cada minuto até atingir 240°C; gás de arraste, hélio, com fluxo de 1,8 mL.min<sup>-1</sup> na coluna; taxa de split 1:2; volume injetado de 1 µL e pressão inicial na coluna de 100 kPa. As condições do espectrômetro de massas foram: detector seletivo de massas operando por impacto de elétrons com energia de 70 eV; velocidade de varredura 1000 m/z.s<sup>-1</sup>; intervalo de varredura de 0,50 fragmentos/segundo e fragmentos detectados de 29 Da e 600 Da. Para calcular os índices de Kovats, injetou-se, nas mesmas condições das amostras, uma série de padrões de hidrocarbonetos (C8-C22). Para a identificação dos compostos, os espectros obtidos foram comparados com os do banco de dados da biblioteca Wiley 7 e com a literatura (Adams, 1995) e os índices de Kovats calculados foram confrontados com os descritos por Adams (1995).

### **Análise sensorial**

A contribuição sensorial de cada composto volátil para o perfil sensorial das amostras foi determinada pela cromatografia gasosa-olfatometria, utilizando-se a técnica de “sniffing”. A análise olfatométrica foi realizada no Laboratório de Fisiologia e Genética de Microrganismos, do Departamento de Biologia da UFLA - Lavras, MG, utilizando-se cromatógrafo gasoso Shimadzu GC-17A, nas mesmas condições operacionais usadas na quantificação dos compostos voláteis. Inicialmente, as amostras foram eluídas na coluna cromatográfica para a detecção dos picos e seus tempos de retenção. Uma vez conhecidos os tempos de retenção de cada composto, desconectou-se a saída da coluna do detector de ionização de chama e as amostras foram novamente injetadas. O efluente da coluna cromatográfica foi conduzido até o nariz do provador, que descreveu qualitativamente o aroma percebido de cada composto. Esta análise foi realizada

por cinco provadores não treinados, que avaliaram as amostra em duplicata.

Além desta análise, foi realizada também a análise de percepção sensorial do aroma total, em que os provadores perceberam o aroma da abobrinha minimamente processada, diretamente, no frasco que continha a amostra. A avaliação sensorial do aroma total foi realizada em todos os tempos de armazenamento e, os provadores observaram se houve alterações no aroma total.

### **Análise estatística**

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), em que os tratamentos foram constituídos por seis tempos de armazenamento (0, 3, 6, 9, 12 e 15 dias), com três repetições. As análises estatísticas foram feitas utilizando-se o software Sisvar (Ferreira, 2000).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os compostos voláteis, com seus respectivos índices de Kovats e porcentagens médias das áreas relativas do cromatograma, encontrados em abobrinha ‘Menina Brasileira’ minimamente processada, durante o armazenamento a 5°C, por 15 dias, estão apresentados na Tabela 1. Foram detectados 32 compostos, por cromatografia gasosa, dos quais 19 foram identificados por cromatografia gasosa associada a espectrometria de massas, conjuntamente com os índices de Kovats, correspondendo, em média, aproximadamente, 78% da área relativa total. A classe química predominante entre os compostos identificados no aroma deste produto pertenceu aos álcoois, os quais representaram, em média, cerca de 40% da área relativa total, além da identificação de aldeídos, terpenos e ácidos.

A cromatografia gasosa-olfatometria auxiliou na descrição qualitativa do aroma dos compostos voláteis presentes na abobrinha minimamente processada. Os principais compostos odoríferos encontrados foram pentan-1-ol (Figura 1A), hexanal (Figura 1B), trans-hex-2-enal (Figura 1C), cis-hex-3-en-1-ol (Figura 1D), hexan-1-ol (Figura 1E) e trans-hex-2-en-1-ol (Figura 1F).

O pentan-1-ol foi descrito como “ardido, pungente”, enquanto os compostos hexanal, trans-hex-2-enal, cis-hex-3-en-1-ol, hexan-1-ol e trans-hex-2-en-1-ol, como “verde, grama, comida refogada”, tendo características cozidas. Estes últimos foram associados, pelos provadores, ao aroma característico da abobrinha cozida, e o conjunto destes compostos voláteis foi considerado como os possíveis “compostos de caráter-impacto” da abobrinha minimamente processada. Contudo, deve-se ressaltar que, além desses compostos, os demais identificados, listados na Tabela 1, também podem contribuir de maneira substancial para o seu aroma global.

TABELA 1 Compostos voláteis (%) de abobrinha ‘Menina Brasileira’ minimamente processada, armazenada a  $5 \pm 1^\circ\text{C}$  e UR  $90 \pm 5\%$ , por 15 dias.

Substâncias	IK <sup>1</sup>	Tempo de armazenamento (dias)					
		0	3	6	9	12	15
Pentan-1-ol	776	1,71±0,20 <sup>2</sup>	3,26 ± 0,54	5,04 ± 0,43	5,09 ± 1,58	37,62 ± 7,59	30,73 ± 8,74
But-2-en-1-ol 3-metil	783	2,12 ± 0,32	1,86 ± 0,35	3,12 ± 0,29	2,46 ± 0,50	1,13 ± 0,21	0,57 <sup>3</sup>
Hexanal	800	1,29 ± 0,58	7,14 ± 0,60	10,78 ± 3,17	14,98 ± 2,22	5,77 ± 0,32	2,97 ± 0,74
Trans-Hex-2-enal	856	0,82± 0,32	1,12 ± 0,06	nd <sup>4</sup>	2,45 ± 0,57	0,92	nd
Cis-Hex-3-en-1-ol	861	6,43 ± 0,91	6,19 ± 0,59	5,43 ± 1,01	5,67 ± 1,71	2,47 ± 0,73	1,61 ± 0,60
Hexan-1-ol	874	2,04 ± 0,16	3,87 ± 1,41	5,16 ± 3,29	7,94 ± 2,51	3,81 ± 1,22	2,75 ± 0,36
Trans-Hex-2-en-1-ol	883	1,44 ± 0,16	1,01 ± 0,05	1,49	1,22 ± 0,34	0,69	nd
Oct-1-en-3-ol	983	17,59± 2,59	13,84 ± 0,79	20,49 ± 1,21	18,82 ± 1,70	8,79 ± 2,26	5,58 ± 1,18
Mirceno	989	0,26 ± 0,10	1,14 ± 0,20	2,22 ± 0,01	1,91 ± 1,15	2,02 ± 0,39	1,81 ± 0,06
Octan-3-ol	996	0,78 ± 0,41	1,80 ± 0,79	1,81 ± 0,19	1,98 ± 0,09	0,88 ± 0,10	0,67 ± 0,14
Limoneno	1025	1,10	1,60	1,72 ± 0,30	1,54	0,81 ± 0,03	0,79 ± 0,13
Germacreno D	1474	0,80 ± 0,11	1,39 ± 0,45	1,06	0,82	0,66	0,60 ± 0,51
Biclogermacreno	1489	0,20 ± 0,05	nd	nd	nd	nd	nd
Ácido mirístico	1768	0,75 ± 0,16	1,27 ± 0,62	nd	nd	nd	nd
Hexadecanol	1878	0,89 ± 0,55	0,60	nd	1,03	nd	nd
Beiereno	1920	7,82 ± 2,70	nd	nd	nd	nd	nd
Ácido palmítico	1981	24,66 ± 9,7	25,25 ± 3,7	17,02 ± 10,2	5,04 ± 2,3	9,13 ± 9,0	8,42 ± 8,9
Filocladeno	2009	9,74 ± 5,45	3,16 ± 0,28	nd	13,82	nd	20,58 ± 3,54
Ácido esteárico	2165	0,78 ± 0,52	1,52 ± 0,67	0,92	nd	0,79	nd
Total identificado		81,20 ± 6,6	76,02 ± 6,2	76,26 ± 6,3	84,77 ± 5,7	75,49 ± 9,7	77,08 ± 9,5

<sup>1</sup> IK - Índice de Kovats calculado; <sup>2</sup> média de três repetições, seguida do desvio padrão; <sup>3</sup> detectado apenas em uma repetição; <sup>4</sup> nd - não detectado pelo DIC.

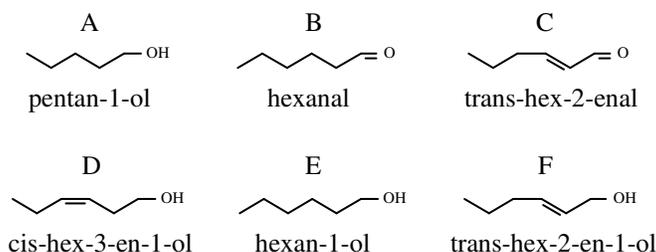


FIGURA 1 Estruturas químicas dos compostos odoríferos, pentan-1-ol, hexanal, trans-hex-2-enal, cis-hex-3-en-1-ol, hexan-1-ol e trans-hex-2-en-1-ol, encontrados no aroma de abobrinha ‘Menina Brasileira’ minimamente processada, armazenada a  $5\pm 1^{\circ}\text{C}$  e UR  $90\pm 5\%$ , por 15 dias.

Estes compostos voláteis, hexanal, trans-hex-2-enal, cis-hex-3-en-1-ol, hexan-1-ol e trans-hex-2-en-1-ol, já foram descritos por outros autores (Baldwin, 2002; Garruti et al., 2001; Kalua et al., 2007) como “verde, mato, grama” responsáveis pelo sabor de produtos vegetais, contribuindo com notas verdes.

Conforme a análise sensorial do aroma total, os provadores não detectaram alterações no aroma da abobrinha minimamente processada durante o armazenamento a  $5^{\circ}\text{C}$  por 15 dias.

De acordo com a análise de cromatografia gasosa houve alteração na porcentagem das substâncias odoríferas encontradas no aroma da abobrinha minimamente processada, com o decorrer do armazenamento a  $5^{\circ}\text{C}$ , por 15 dias. A formação de novos compostos voláteis não foi observada ao longo do armazenamento. As substâncias pentan-1-ol, hexanal, hexan-1-ol e cis-hex-3-en-1-ol foram influenciadas significativamente pelo tempo de armazenamento. Observou-se aumento na porcentagem de pentan-1-ol ao longo armazenamento, com notável incremento a partir do décimo segundo dia (Figura 2A). Este aumento pode estar relacionado ao início dos processos de deterioração da qualidade do aroma das fatias de abobrinha, considerando-se que este composto apresentou odor “ardido, pungente”.

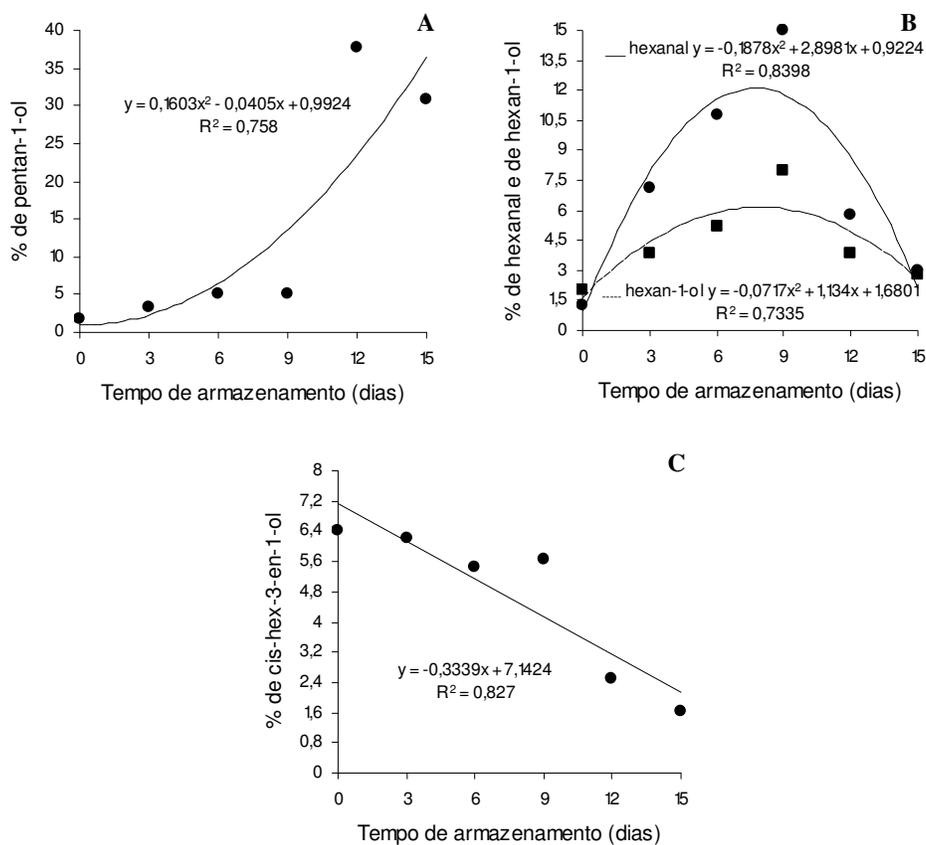


FIGURA 2 Valores médios, equação de regressão e coeficientes de determinação de pentan-1-ol (A), hexanal e hexan-1-ol (B) e cis-hex-3-en-1-ol (C) em abobrinha ‘Menina Brasileira’ minimamente processada, armazenada a  $5 \pm 1^\circ\text{C}$  e UR  $90 \pm 5\%$ , por 15 dias.

Aldeídos e álcoois voláteis de seis átomos de carbono encontrados no aroma da abobrinha minimamente processada podem ser provenientes da via da lipoxigenase (Salas et al., 2000; Figura 3). Segundo diversos autores, o cis-hex-3-en-1-ol, trans-hex-2-enal e trans-hex-2-en-1-ol são formados a partir do ácido linolênico, e o hexanal e hexan-1-ol são produzidos a partir do ácido linoléico (Gray et al., 1999; Hatanaka, 1993; Matsui et al., 2006; Salas et al., 2000).

Conforme a Figura 2B, as substâncias hexanal e hexan-1-ol, identificadas no aroma de abobrinhas minimamente processadas, apresentaram comportamento similar ao longo do armazenamento. Observou-se aumento na porcentagem de ambas as substâncias até o nono dia, sendo este associado ao processo de síntese; em seguida, houve decréscimo. O hexanal é um produto de degradação do ácido linoléico. Esse, normalmente, é convertido em hexan-1-ol por meio de uma reação reversível catalisada pela álcool desidrogenase, o que pode ter ocorrido ao longo do armazenamento.

De acordo com os dados da Tabela 1, observou-se aumento na porcentagem da substância trans-hex-2-enal até o nono dia e, logo após, houve redução. A porcentagem do composto trans-hex-2-en-1-ol apresentou pequena alteração durante o armazenamento. Sugere-se que o composto cis-hex-3-enal foi metabolizado a trans-hex-2-enal e este último foi reduzido a trans-hex-2-en-1-ol, mediante a ação da enzima álcool desidrogenase. Segundo Williams et al. (2000), o aldeído insaturado, cis-hex-3-enal, é instável e sofre rápida isomerização para um composto estável, trans-hex-2-enal com o auxílio da cis-3:trans-2-enal isomerase ou por um fator de isomerização.

Por outro lado, o composto cis-hex-3-enal pode também ter sido reduzido ao álcool cis-hex-3-en-1-ol, sendo constatada a presença deste composto em maior porcentagem em relação ao trans-hex-2-enal neste trabalho (Tabela 1).

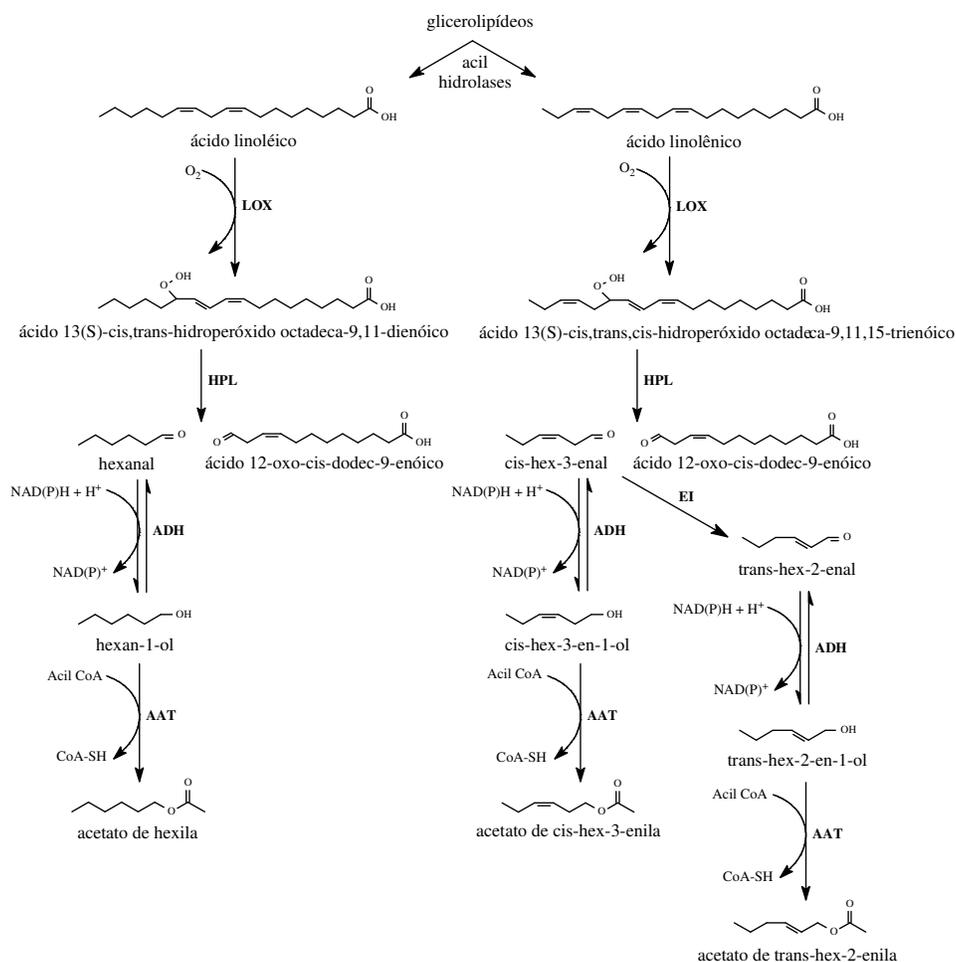


FIGURA 3 Biossíntese de aldeídos, álcoois e ésteres de álcoois voláteis de seis átomos de carbono de ácido linoléico e linolênico pela via da lipoxigenase. Abreviações: LOX, lipoxigenase; HPL, hidroperóxido liase; EI, enal isomerase; ADH, álcool desidrogenase; AAT, álcool acil transferase (Adaptado de Salas et al., 2000).

Observou-se redução linear na porcentagem da substância cis-hex-3-en-1-ol, de 7,14 para 2,13, durante o armazenamento (Figura 2C), considerando-se que houve diminuição de sua síntese. De acordo com Kalua et al. (2007), os aldeídos formados pela atividade da hidroperóxido liase e isomerizados são, posteriormente, reduzidos a álcool.

Além de cis-hex-3-enal, o ácido 12-oxo-cis-dodec-9-enóico também é formado da clivagem de 13-hidroperóxido pela hidroperóxido liase (Figura 3). Este ácido é, subsequentemente, metabolizado para ácido 12-oxo-trans-dodec-10-enóico, a traumatina, também conhecida como o hormônio do ferimento e que pode estar envolvida no processo de sinalização e divisão celular em resposta ao ferimento (Buchanan et al., 2000; Hatanaka, 1993; Zimmerman & Coudron, 1979). Diante disso, o dano físico causado ao produto vegetal pelo corte durante o processamento mínimo conduz a respostas dos tecidos ao ferimento, em que mecanismos são ativados para iniciar o processo de cicatrização dos tecidos e, conseqüentemente, a traumatina pode estar envolvida neste mecanismo.

Observou-se a presença do beiereno e biciclogermacreno, um diterpeno e um sesquiterpeno, respectivamente, apenas no primeiro dia de armazenamento; tais substâncias foram perdidas com o armazenamento (Tabela 1). De acordo com Dudareva et al. (2004), os terpenos, como a maior classe de metabólitos secundários, têm muitos representantes voláteis. Os terpenóides voláteis (monoterpenos, sesquiterpenos e alguns diterpenos) apresentam alta pressão de vapor em condições atmosféricas normais, o que permite sua liberação significativa no ar.

## 6 CONCLUSÕES

De acordo com a cromatografia gasosa-olfatometria, o aroma característico da abobrinha ‘Menina Brasileira’ minimamente processada está associado aos compostos odoríferos hexanal, trans-hex-2-enal, cis-hex-3-en-1-ol, hexan-1-ol e trans-hex-2-en-1-ol, que são os possíveis “compostos de caráter-impacto”.

O perfil volátil de abobrinha minimamente processada sofre modificações ao longo do armazenamento, devido às alterações observadas nas porcentagens dos compostos odoríferos. Mas, de acordo com a análise sensorial do aroma total, essas alterações não comprometem a qualidade do aroma das fatias de abobrinha, durante o armazenamento a 5°C, por 15 dias.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, R. P. **Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectroscopy**. Carol Stream: Allured Publishing Corporation, 1995. 469 p.
- BALDWIN, E. Fruit flavor, volatile metabolism and consumer perceptions. In: KNEE, M. **Fruit quality and its biological basis**. Boca Raton: CRC Press, 2002. cap. 4, p. 89-106.
- BRECHT, J. K. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. **HortScience**, Alexandria, v. 30, n. 1, p. 18-22, Feb. 1995.
- BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. **Biochemistry & molecular biology of plants**. 2000. 1367 p.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. rev. e amp. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.
- CASTRO, D. P.; CARDOSO, M. G.; MORAES, J. C.; SANTOS, N. M.; BALIZA, D. P. Não-preferência de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) por óleos essenciais de *Achillea millefolium* L. e *Thymus vulgaris* L. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v, 8, n. 4, p. 27-32, 2006.
- DUDAREVA, N.; PICHERSKY, E.; GERSHENZON, J. Biochemistry of plant volatiles. **Plant Physiology**, Rockville, v. 135, n. 4, p. 1893-1902, Aug. 2004.
- FEUSSNER, I.; WASTERACK, C. The lipoxygenase pathway. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 53, p. 275-297, 2002.
- FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR para windows versão 4. 0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Programa e Resumo...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 235.
- GARRUTI, D. dos S. Identificação de compostos voláteis importantes ao aroma de suco de frutas tropicais por CG-EM e CG-olfatometria. In: FRANCO, M. R. B. **Aroma e sabor de alimentos: temas atuais**. São Paulo: Varela, 2003. cap. 7, p. 101-112.

GARRUTI, D. dos S.; FRANCO, M. R. B.; SILVA, M. A. A. P. da; JANZANTTI, N. S.; ALVES, G. L. **Compostos voláteis do sabor de pseudofrutos de cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale* L.) CCP-76.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2001. 29 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 4)

GRAY, D. A.; PRESTAGE, S.; LINFORTH, R. S. T.; TAYLOR, A. J. Fresh tomato specific fluctuations in the composition of lipoxygenase-generated C6 aldehydes. **Food Chemistry**, Oxford, v. 64, n. 2, p. 149-155, Feb. 1999.

HATANAKA, A. The biogeneration of green odour by green leaves. **Phytochemistry**, Oxford, v. 34, n. 5, p. 1201-1218, 1993.

KALUA, C. M.; ALLEN, M. S.; BEDGOOD Jr, D. R.; BISHOP, A. G.; PRENZLER, P. D.; ROBARDS, K. Olive oil volatile compounds, flavour development and quality: a critical review. **Food Chemistry**, Oxford, v. 100, n. 1, p. 273-286, Jan. 2007.

MATSUI, K.; MINAMI, A.; HORNUNG, E.; SHIBATA, H.; KISHIMOTO, K.; AHNERT, V.; KINDL, H.; KAJIWARA, T.; FEUSSNER, I. Biosynthesis of fatty acid derived aldehydes is induced upon mechanical wounding and its products show fungicidal activities in cucumber. **Phytochemistry**, Oxford, v. 67, n. 7, p. 649-657, Apr. 2006.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Rotas bioquímicas e químicas para a formação de compostos voláteis em alimentos. In: FRANCO, M. R. B. **Aroma e sabor de alimentos: temas atuais.** São Paulo: Varela, 2003. cap. 13, p. 177-194.

SALAS, J. J.; SÁNCHEZ, J.; RAMLI, U. S.; MANAF, A. M.; WILLIAMS, M.; HARWOOD, J. L. Biochemistry of lipid metabolism in olive and other oil fruits. **Progress in Lipid Research**, Oxford, v. 39, n. 2, p. 151-180, Mar. 2000.

SCHIEBERLE, P.; OFNER, S.; GROSCH, W. Evaluation of potent odorants in cucumbers and muskmelons by aroma extract dilution analysis. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 55, n. 1, p. 193-195, Jan./Feb. 1990.

THOMAZINI, M.; FRANCO, M. R. B. Metodologia para análise dos constituintes voláteis do sabor. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 34, n. 1, p. 52-59, jan./jun. 2000.

WILLIAMS, M.; SALAS, J. J.; SANCHEZ, J.; HARWOOD, J. L.  
Lipoxygenase pathway in olive callus cultures (*Olea europaea*).  
**Phytochemistry**, Oxford, v. 53, n. 1, p. 13-19, Jan. 2000.

ZIMMERMAN, D. C.; COUDRON, C. A. Identification of traumatin, a wound hormone, as 12-oxo-trans-10-dodecenoic acid. **Plant Physiology**, Rockville, v. 63, n. 3, p. 536-541, Mar. 1979.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A abobrinha ‘Menina Brasileira’ tem potencial para ser comercializada como produto minimamente processado. Dessa forma, no intuito de manter sua qualidade, segurança microbiológica, atributos sensoriais e características do fruto intacto, algumas etapas do processamento mínimo devem ser levadas em considerações, a saber:

- a abobrinha processada na forma fatiada preserva melhor as características fisiológicas, químicas, físico químicas e bioquímicas;
- a sanificação prévia das abobrinhas em solução de dicloroisocianurato de sódio, na concentração de  $100 \text{ mg.L}^{-1}$ , durante 15 minutos é eficiente em manter a qualidade microbiológica das abobrinhas minimamente processadas, não sendo necessária subsequente sanificação;
- o acondicionamento das fatias de abobrinha deve ser feito em embalagem rígida de polipropileno com tampa do mesmo polímero, por não promover condições de anaerobiose e por ter maior aceitabilidade pelos consumidores;
- as embalagens contendo abobrinha minimamente processada devem ser armazenadas na temperatura de  $5 \pm 1^\circ\text{C}$  e UR  $90 \pm 5\%$ , por até 12 dias.

De acordo com a análise sensorial do aroma total, as alterações observadas nas porcentagens dos compostos voláteis, durante o armazenamento a  $5^\circ\text{C}$ , por 15 dias, não comprometem a qualidade do aroma das fatias de abobrinha. De acordo com a técnica de *sniffing*, as substâncias hexanal, trans-hex-2-enal, cis-hex-3-en-1-ol, hexan-1-ol e trans-hex-2-en-1-ol são consideradas como os possíveis “compostos de caráter-impacto” da abobrinha minimamente processada.

A obtenção de abobrinha minimamente processada com conveniência,

qualidade sensorial adequada e com garantia de sanidade é função da temperatura adequada de armazenamento, utilização de embalagens apropriadas e uso de sanificantes eficazes.

## ANEXOS

ANEXO A	Páginas
TABELA 1A	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância, média geral e coeficiente de variação para sólidos solúveis (SS) e pH de abobrinhas ‘Menina Brasileira’ minimamente processadas, tratadas com diferentes sanificantes e armazenadas a 5°C e UR 90 ± 5%, durante 15 dias.....171
TABELA 2A	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância, média geral e coeficiente de variação para taxa respiratória de abobrinhas ‘Menina Brasileira’ minimamente processadas, submetidas a dois tipos de corte e armazenadas a 5 ± 1°C e UR 90 ± 5%, por 15 dias .....171
TABELA 3A	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância, média geral e coeficiente de variação para perda de massa de abobrinhas ‘Menina Brasileira’ minimamente processadas, submetidas a dois tipos de corte (fatiada e ralada) e armazenadas a 5 ± 1°C e UR 90 ± 5%, por 15 dias.....172
TABELA 4A	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância, média geral e coeficiente de variação (CV) para acidez titulável (AT), pH, sólidos solúveis (SS) e valor L* de abobrinhas ‘Menina Brasileira’ minimamente processadas, submetidas a dois tipos de corte (fatiada e ralada) e armazenadas a 5 ± 1°C e UR 90 ± 5%, por 15 dias.....172
TABELA 5A	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância, média geral e

	coeficiente de variação (CV) para pectina total (PT) e pectina solúvel (PS) de abobrinhas ‘Menina Brasileira’ minimamente processadas, submetidas a dois tipos de corte (fatiada e ralada) e armazenadas a $5 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR $90 \pm 5\%$ , por 15 dias.....	173
TABELA 6A	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância, média geral e coeficiente de variação (CV) para atividade da pectinametilesterase (PME), da poligalacturonase (PG) e da fenilalanina amônia liase (FAL) de abobrinhas ‘Menina Brasileira’ minimamente processadas, submetidas a dois tipos de corte (fatiada e ralada) e armazenadas a $5 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR $90 \pm 5\%$ , por 15 dias.....	173
TABELA 7A	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância, média geral e coeficiente de variação para aparência de abobrinhas ‘Menina Brasileira’ minimamente processadas, acondicionadas em diferentes tipos de atmosfera e armazenadas a $5 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR $90 \pm 5\%$ , por 9 dias. ....	174
TABELA 8A	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância, média geral e coeficiente de variação (CV) para concentração de oxigênio ( $\text{O}_2$ ) e dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) no interior das embalagens contendo abobrinhas ‘Menina Brasileira’ minimamente processadas, acondicionadas em diferentes tipos de atmosfera e armazenadas a $5 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR $90 \pm 5\%$ , por 9 dias.....	174
TABELA 9A	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância, média geral e coeficiente de variação para perda de massa de abobrinhas ‘Menina Brasileira’ minimamente processadas, acondicionadas em diferentes tipos de atmosfera e armazenadas a $5 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR $90 \pm 5\%$ , por 9 dias.....	175
TABELA 10A	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância, média geral e	

coeficiente de variação (CV) para acidez titulável (AT), pH, sólidos solúveis (SS) de abobrinhas ‘Menina Brasileira’ minimamente processadas, acondicionadas em diferentes tipos de atmosfera e armazenadas a  $5 \pm 1^{\circ}\text{C}$  e UR  $90 \pm 5\%$ , por 9 dias.....175

TABELA 11A Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância, média geral e coeficiente de variação (CV) para valores  $L^*$ ,  $h^{\circ}$ ,  $C^*$  e firmeza de abobrinhas ‘Menina Brasileira’ minimamente processadas, acondicionadas em diferentes tipos de atmosfera e armazenadas a  $5 \pm 1^{\circ}\text{C}$  e UR  $90 \pm 5\%$ , por 9 dias.....176

TABELA 12A Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância, média geral e coeficiente de variação para taxa respiratória de abobrinhas ‘Menina Brasileira’ minimamente processadas, armazenadas em três temperaturas:  $0^{\circ}\text{C}$ ,  $5^{\circ}\text{C}$  e  $10^{\circ}\text{C}$ , por 15 dias.....176

TABELA 13A Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância, média geral e coeficiente de variação para perda de massa de abobrinhas ‘Menina Brasileira’ minimamente processadas, armazenadas em três temperaturas:  $0^{\circ}\text{C}$ ,  $5^{\circ}\text{C}$  e  $10^{\circ}\text{C}$ , por 15 dias.....177

TABELA 14A Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância, média geral e coeficiente de variação (CV) para acidez titulável (AT), pH, sólidos solúveis (SS) de abobrinhas ‘Menina Brasileira’ minimamente processadas, armazenadas em três temperaturas:  $0^{\circ}\text{C}$ ,  $5^{\circ}\text{C}$  e  $10^{\circ}\text{C}$ , por 15 dias.....177

TABELA 15A Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância, média geral e coeficiente de variação (CV) para valores  $L^*$ ,  $h^{\circ}$  e  $C^*$  de abobrinhas ‘Menina Brasileira’ minimamente processadas, armazenadas em três temperaturas:  $0^{\circ}\text{C}$ ,  $5^{\circ}\text{C}$  e  $10^{\circ}\text{C}$ , por 15 dias.....178

TABELA 16A	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância, média geral e coeficiente de variação (CV) para firmeza, pectina total (PT) e pectina solúvel (PS) de abobrinhas ‘Menina Brasileira’ minimamente processadas, armazenadas em três temperaturas: 0°C, 5°C e 10°C, por 15 dias. ....	178
TABELA 17A	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância, média geral e coeficiente de variação (CV) para atividade da pectinametilesterase (PME), da poligalacturonase (PG) e da fenilalanina amônia liase (FAL) de abobrinhas ‘Menina Brasileira’ minimamente processadas, armazenadas em três temperaturas: 0°C, 5°C e 10°C, por 15 dias.....	179
TABELA 18A	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância, média geral e coeficiente de variação (CV) para as substâncias pentan-1-ol e hexanal em abobrinhas ‘Menina Brasileira’ minimamente processadas, armazenadas a $5 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR $90 \pm 5\%$ , por 15 dias.....	179
TABELA 19A	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância, média geral e coeficiente de variação (CV) para as substâncias hexanol e cis-hex-3-en-1-ol em abobrinhas ‘Menina Brasileira’ minimamente processadas, armazenadas a $5 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR $90 \pm 5\%$ , por 15 dias.....	180

TABELA 1A Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância, média geral e coeficiente de variação para sólidos solúveis (SS) e pH de abobrinhas ‘Menina Brasileira’ minimamente processadas, tratadas com diferentes sanificantes e armazenadas a 5°C e UR 90 ± 5%, durante 15 dias.

Causas de variação	GL	Quadrados médios	
		SS	pH
Sanificantes	8	0,2783 ns	0,0075 ns
Tempo	5	0,4467 *	0,2290 **
Sanificantes x tempo	40	0,1332 ns	0,0060 ns
Bloco	1	84,4467 **	0,7022 **
Erro	53	0,1637	0,0142
Média geral		3,16	6,39
Coeficiente de variação (%)		12,80	1,87

ns, \* e \*\* indicam valores de Teste de F não significativos, significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 2A Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância, média geral e coeficiente de variação para taxa respiratória de abobrinhas ‘Menina Brasileira’ minimamente processadas, submetidas a dois tipos de corte e armazenadas a 5 ± 1°C e UR 90 ± 5%, por 15 dias.

Causas de variação	GL	Quadrados médios
Tipos de corte	1	7026,73 **
Tempo	5	620,73 **
Tipos de corte x tempo	5	953,79 **
Erro	12	23,79
Média geral		60,53
Coeficiente de variação (%)		8,06

\*\* indica valores de Teste de F significativos a 1% de probabilidade.

TABELA 3A Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância, média geral e coeficiente de variação para perda de massa de abobrinhas ‘Menina Brasileira’ minimamente processadas, submetidas a dois tipos de corte e armazenadas a  $5 \pm 1^\circ\text{C}$  e UR  $90 \pm 5\%$ , por 15 dias.

Causas de variação	GL	Quadrados médios
Tipos de corte	1	0,000083 ns
Tempo	4	0,314422 **
Tipos de corte x tempo	4	0,001892 ns
Erro	20	0,005770
Média geral		0,39
Coeficiente de variação (%)		19,10

ns e \*\* indicam valores de Teste de F não significativos e significativos a 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 4A Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância, média geral e coeficiente de variação (CV) para acidez titulável (AT), pH, sólidos solúveis (SS) e valor L\* de abobrinhas ‘Menina Brasileira’ minimamente processadas, submetidas a dois tipos de corte e armazenadas a  $5 \pm 1^\circ\text{C}$  e UR  $90 \pm 5\%$ , por 15 dias.

Causas de variação	GL	Quadrados médios			
		AT	pH	SS	L*
Tipos de corte	1	0,1736 **	0,1284 **	9,5069 **	2334,01 **
Tempo	5	0,0094 ns	0,1781 **	0,1236 ns	19,05 **
Tipos de corte x tempo	5	0,0087 ns	0,0259 *	0,1569 ns	13,79 **
Erro	24	0,0051	0,0084	0,0902	1,18
Média geral		0,586	6,37	1,93	75,83
CV%		12,23	1,44	15,56	1,44

ns, \* e \*\* indicam valores de Teste de F não significativos, significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 5A Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância, média geral e coeficiente de variação (CV) para pectina total (PT) e pectina solúvel (PS) de abobrinhas ‘Menina Brasileira’ minimamente processadas, submetidas a dois tipos de corte e armazenadas a  $5 \pm 1^\circ\text{C}$  e UR  $90 \pm 5\%$ , por 15 dias.

Causas de variação	GL	Quadrados médios	
		PT	PS
Tipos de corte	1	738,66 ns	83,50 **
Tempo	5	5967,64 **	40,81 **
Tipos de corte x tempo	5	773,65 ns	196,00 **
Erro	24	383,84	7,69
Média geral		382,34	31,96
CV%		5,12	8,68

ns e \*\* indicam valores de Teste de F não significativos e significativos a 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 6A Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância, média geral e coeficiente de variação (CV) para atividade da pectinametilesterase (PME), da poligalacturonase (PG) e da fenilalanina amônia liase (FAL) de abobrinhas ‘Menina Brasileira’ minimamente processadas, submetidas a dois tipos de corte e armazenadas a  $5 \pm 1^\circ\text{C}$  e UR  $90 \pm 5\%$ , por 15 dias.

Causas de variação	GL	Quadrados médios		
		PME	PG	FAL
Tipos de corte	1	34844,44 ns	71,26 **	345,0306 **
Tempo	5	154196,11 **	28,39 **	2,3720 *
Tipos de corte x tempo	5	140562,77 **	20,81 **	1,2810 ns
Erro	24	16050,69	4,60	0,7965
Média geral		1033,88	20,84	13,19
CV%		12,25	10,30	6,76

ns, \* e \*\* indicam valores de Teste de F não significativos, significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 7A Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância, média geral e coeficiente de variação para aparência de abobrinhas ‘Menina Brasileira’ minimamente processadas, acondicionadas em diferentes tipos de atmosfera e armazenadas a  $5 \pm 1^\circ\text{C}$  e UR  $90 \pm 5\%$ , por 9 dias.

Causas de variação	GL	Quadrados médios
Atmosfera	5	19,10 **
Tempo	3	23,49 **
Bloco (tempo)	196	1,87 **
Atmosfera x tempo	15	1,66 *
Erro	953	1,03
Média geral		3.396667
Coeficiente de variação (%)		26,61%

\* e \*\* indicam valores de Teste de F significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 8A Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância, média geral e coeficiente de variação (CV) para concentração de oxigênio ( $\text{O}_2$ ) e dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) no interior das embalagens contendo abobrinhas ‘Menina Brasileira’ minimamente processadas, acondicionadas em diferentes tipos de atmosfera e armazenadas a  $5 \pm 1^\circ\text{C}$  e UR  $90 \pm 5\%$ , por 9 dias.

Causas de variação	GL	Quadrados médios	
		$\text{O}_2$	$\text{CO}_2$
Atmosfera	4	723,75 **	80,48 **
Tempo	3	350,23 **	19,95 **
Atmosfera x tempo	12	63,33 **	14,01 **
Erro	40	1,48	2,59
Média geral		7,31	4,06
CV%		16,68	39,60

\*\* indica valores de Teste de F significativos a 1% de probabilidade.

TABELA 9A Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância, média geral e coeficiente de variação para perda de massa de abobrinhas ‘Menina Brasileira’ minimamente processadas, acondicionadas em diferentes tipos de atmosfera e armazenadas a  $5 \pm 1^\circ\text{C}$  e UR  $90 \pm 5\%$ , por 9 dias.

Causas de variação	GL	Quadrados médios
Atmosfera	4	1,9850 **
Tempo	2	0,2333 **
Atmosfera x tempo	8	0,1011 **
Erro	30	0,0049
Média geral		0,25
Coeficiente de variação (%)		27,26

\*\* indica valores de Teste de F significativos a 1% de probabilidade.

TABELA 10A Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância, média geral e coeficiente de variação (CV) para acidez titulável (AT), pH, sólidos solúveis (SS) de abobrinhas ‘Menina Brasileira’ minimamente processadas, acondicionadas em diferentes tipos de atmosfera e armazenadas a  $5 \pm 1^\circ\text{C}$  e UR  $90 \pm 5\%$ , por 9 dias.

Causas de variação	GL	Quadrados médios		
		AT	pH	SS
Atmosfera	4	0,0160 **	0,2130 **	0,2145 ns
Tempo	3	0,5056 **	1,8931 **	1,0152 **
Atmosfera x tempo	12	0,0086 **	0,0554 **	0,1368 ns
Erro	40	0,0023	0,0124	0,1250
Média geral		0,743	6,53	4,19
CV%		6,50	1,71	8,43

ns e \*\* indicam valores de Teste de F não significativos e significativos a 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 11A Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância, média geral e coeficiente de variação (CV) para valores L\*, h°, C\* e firmeza de abobrinhas ‘Menina Brasileira’ minimamente processadas, acondicionadas em diferentes tipos de atmosfera e armazenadas a  $5 \pm 1^\circ\text{C}$  e UR  $90 \pm 5\%$ , por 9 dias.

Causas de variação	GL	Quadrados médios			
		L*	h°	C*	Firmeza
Atmosfera	4	72,38 **	1,0180 ns	12,31 **	0,6822 **
Tempo	3	42,32 **	24,7721 **	154,45 **	0,8030 **
Atmosfera x tempo	12	9,45 *	1,4128 ns	3,53 ns	0,1002 **
Erro	40	3,77	0,9111	2,53	0,0290
Média geral		79,83	97,45	27,45	1,611
CV%		2,43	0,98	5,80	10,58

ns, \* e \*\* indicam valores de Teste de F não significativos, significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 12A Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância, média geral e coeficiente de variação para taxa respiratória de abobrinhas ‘Menina Brasileira’ minimamente processadas, armazenadas em três temperaturas:  $0^\circ\text{C}$ ,  $5^\circ\text{C}$  e  $10^\circ\text{C}$ , por 15 dias.

Causas de variação	GL	Quadrados médios
Temperatura (A)	2	7203,34 **
Tempo de armazenamento (B)	5	702,52 **
AxB	10	360,13 **
Erro	18	20,20
Média geral		46,48
Coeficiente de variação (%)		9,67

\*\* indica valores de Teste de F significativos a 1% de probabilidade.

TABELA 13A Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância, média geral e coeficiente de variação para perda de massa de abobrinhas ‘Menina Brasileira’ minimamente processadas, armazenadas em três temperaturas: 0°C, 5°C e 10°C, por 15 dias.

Causas de variação	GL	Quadrados médios
Temperatura (A)	2	5,3807 **
Tempo de armazenamento (B)	4	1,3771 **
AxB	8	0,2104 **
Erro	30	0,0026
Média geral		0,77
Coeficiente de variação (%)		6,64

\*\* indica valores de Teste de F significativos a 1% de probabilidade.

TABELA 14A Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância, média geral e coeficiente de variação (CV) para acidez titulável (AT), pH, sólidos solúveis (SS) de abobrinhas ‘Menina Brasileira’ minimamente processadas, armazenadas em três temperaturas: 0°C, 5°C e 10°C, por 15 dias.

Causas de variação	GL	Quadrados médios		
		AT	pH	SS
Temperatura (A)	2	0,0279 **	0,0965 **	0,0555 ns
Tempo (B)	5	0,0054 ns	0,1498 **	0,6444 **
AxB	10	0,0029 ns	0,0353 **	0,1166 ns
Erro	36	0,0034	0,0073	0,1203
Média geral		0,680	6,46	2,38
CV%		8,66	1,33	14,52

ns e \*\* indicam valores de Teste de F não significativos e significativos a 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 15A Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância, média geral e coeficiente de variação (CV) para valores L\*, h° e C\* de abobrinhas ‘Menina Brasileira’ minimamente processadas, armazenadas em três temperaturas: 0°C, 5°C e 10°C, por 15 dias.

Causas de variação	GL	Quadrados médios		
		L*	h°	C*
Temperatura (A)	2	1,6990 **	17,5016 **	7,0720 **
Tempo (B)	5	0,9623 **	13,3942 **	84,5790 **
AxB	10	0,4302 *	1,6080 **	1,9516 ns
Erro	36	0,1643	0,5169	1,0356
Média geral		83,81	95,90	31,61
CV%		0,48	0,75	3,22

ns, \* e \*\* indicam valores de Teste de F não significativos, significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 16A Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância, média geral e coeficiente de variação (CV) para firmeza, pectina total (PT) e pectina solúvel (PS) de abobrinhas ‘Menina Brasileira’ minimamente processadas, armazenadas em três temperaturas: 0°C, 5°C e 10°C, por 15 dias.

Causas de variação	GL	Quadrados médios		
		Firmeza	PT	PS
Temperatura (A)	2	0,000040 ns	1500,59 ns	32,81 *
Tempo (B)	5	0,208327 **	11476,84 **	123,09 **
AxB	10	0,004867 ns	794,42 ns	14,38 ns
Erro	36	0,014063	898,43	7,26
Média geral		1,917	376,50	29,97
CV%		6,19	7,96	8,99

ns, \* e \*\* indicam valores de Teste de F não significativos, significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 17A Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância, média geral e coeficiente de variação (CV) para atividade da pectinametilesterase (PME), da poligalacturonase (PG) e da fenilalanina amônia liase (FAL) de abobrinhas 'Menina Brasileira' minimamente processadas, armazenadas em três temperaturas: 0°C, 5°C e 10°C, por 15 dias.

Causas de variação	GL	Quadrados médios		
		PME	PG	FAL
Temperatura (A)	2	22812,50 ns	107,21 **	0,1880 ns
Tempo (B)	5	350270,83 **	19,52 **	1,1731 ns
AxB	10	21479,16 ns	6,95 ns	0,2935 ns
Erro	36	31493,05	3,51	1,0505
Média geral		1131,94	18,98	9,97
CV%		15,68	9,88	10,27

ns, \* e \*\* indicam valores de Teste de F não significativos, significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 18A Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância, média geral e coeficiente de variação (CV) para as substâncias pentan-1-ol e hexanal em abobrinhas 'Menina Brasileira' minimamente processadas, armazenadas a  $5 \pm 1^\circ\text{C}$  e UR  $90 \pm 5\%$ , por 15 dias.

Causas de variação	GL	Quadrados médios	
		pentan-1-ol	hexanal
Tempo (B)	5	758,22 **	76,95 **
Erro	12	22,85	2,74
Média geral		13,91	7,16
CV%		34,36	23,12

\*\* indica valores de Teste de F significativos a 1% de probabilidade.

TABELA 19A Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância, média geral e coeficiente de variação (CV) para as substâncias hexanol e cis-hex-3-en-1-ol em abobrinhas 'Menina Brasileira' minimamente processadas, armazenadas a  $5 \pm 1^\circ\text{C}$  e UR  $90 \pm 5\%$ , por 15 dias.

Causas de variação	GL	Quadrados médios	
		hexanol	cis-hex-3-en-1-ol
Tempo (B)	5	13,15 *	12,7358 **
Erro	12	3,47	1,0098
Média geral		4,26	4,63
CV%		43,67	21,66

\* e \*\* indicam valores de Teste de F significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.