

**QUALIDADE DE MANDIOQUINHA-SALSA
MINIMAMENTE PROCESSADA**

ELISÂNGELA ELENA NUNES

2007

ELISÂNGELA ELENA NUNES

**QUALIDADE DE MANDIOQUINHA-SALSA 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**

Nunes, Elisângela Elena

Qualidade de mandioquinha-salsa minimamente processada / Elisângela
Elena Nunes. – Lavras: UFLA, 2007.

129 p. : il.

Orientador: Eduardo Valério de Barros Vilas Boas.

Tese (Doutorado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Processamento mínimo. 2. Ácido ascórbico. 3. Atmosfera modificada. 4.
Compostos voláteis. 5. Dicloroisocianurato de sódio. I. Universidade Federal
de Lavras. II. Título.

CDD-664.085

ELISÂNGELA ELENA NUNES

**QUALIDADE DE MANDIOQUINHA-SALSA 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 28 de fevereiro de 2007

Prof. Dr. Luiz Carlos de Oliveira Lima	DCA - UFLA
Profª. Dr. Maria das Graças Cardoso	DQI - UFLA
Prof. Dr. Mário César Guerreiro	DQI - UFLA
Pesquisadora Dr. Neide Botrel Gonçalves	EMBRAPA - CNPH

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

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

**Aos meus filhos, Diogo, Elisa e Beatriz,
que são a razão da minha vida
e que foram a parte mais sacrificada,
DEDICO.**

AGRADECIMENTOS

A Deus por todas as oportunidades de viver intensamente as boas e não tão boas experiências nesta Terra.

À Universidade Federal de Lavras, em especial ao Departamento de Ciência dos Alimentos, pela oportunidade de aperfeiçoar meus conhecimentos e conviver com pessoas queridas que me apoiaram sempre.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo.

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

Ao Professor Eduardo Valério de Barros Vilas Boas pela orientação, amizade e conhecimentos transmitidos.

Ao Professor Mário César Guerreiro pela co-orientação, amizade e possibilidade de ter um exemplo de eficiência em minha formação.

À Professora Maria das Graças Cardoso pela realização da extração e quantificação dos compostos voláteis junto ao Laboratório de Química Orgânica do Departamento de Química da UFLA, bem como aos colegas Flávio e Luiz Gustavo.

À Professora Rosane Freitas Schwan pela realização da extração e quantificação dos compostos voláteis junto ao Laboratório de Fisiologia e Genética de Microorganismos do Departamento de Biologia da UFLA, bem como ao colega Wasley.

À Professora Roberta Hisdorf Piccoli pela coorientação e amizade.

À Pesquisadora Neide Botrel Gonçalves pela participação na banca de defesa e pelas prestimosas críticas.

Aos Professores Admilson Bosco Chitarra, Luiz Carlos de Oliveira Lima, Carlos José Pimenta e José Luiz Contado pelos conhecimentos transmitidos e amizade.

Às amigas Andréa Xisto, Marisa, Suzana, Maristela e Brígida pela inesquecível contribuição na montagem e execução dos experimentos, amizade e por tornarem os momentos mais agradáveis.

Aos colegas Heloísa, Ellen, Luizinho, Nélio, Daniela, Ana Carla, Júlia, Emanuele, Édson, Cleuber, Simone e Juliana Audi pela amizade e convívio.

Aos funcionários do Departamento de Ciência dos Alimentos, especial Mércia, Sr. Piano e Eliane pela atenção e carinho que sempre me dispensaram.

À minha família, pelo eterno apoio e carinho em todos os momentos de minha vida.

Em especial à minha mãe, Dirce Maria Nunes; meu pai, Antonino Nunes; meu marido, Adeilson Carvalho; meus irmãos Gleison e Clairton e sua família, por serem tão especiais e por sempre me apoiarem em todas as minhas ações. Sem vocês a caminhada não teria razão.

A todos que ajudaram, direta ou indiretamente, na realização deste trabalho.

Os mais sinceros agradecimentos e minha eterna gratidão!

SUMÁRIO

RESUMO GERAL.....	i
GENERAL ABSTRACT.....	ii
CAPÍTULO 1: Qualidade de mandioquinha-salsa minimamente processada..	01
1 Introdução	02
2 Referencial Teórico.....	03
2.1 Mandioquinha-salsa.....	03
2.1.1 Origem, disseminação e denominações	03
2.1.2 Cultivar Amarela de Senador Amaral	05
2.1.3 Dados de produção, valor nutricional e usos na culinária	05
2.2 Processamento mínimo	08
2.2.1 Conceito e principais características	08
2.2.2 Aspectos microbiológicos.....	10
2.2.3 Reações de escurecimento e uso de antioxidantes	12
2.2.4 Refrigeração e atmosfera modificada	14
2.3 Compostos voláteis	16
3 Referências Bibliográficas.....	27
CAPÍTULO 2: Qualidade de mandioquinha-salsa minimamente processada: uso de atmosfera modificada	33
1 Resumo.....	34
2 Abstract.....	35
3 Introdução	36
4 Material e métodos.....	38
5 Resultados e discussão.....	40
6 Conclusões.....	44
7 Referências Bibliográficas	45

CAPÍTULO 3: Qualidade de madioquinha-salsa minimamente processada: avaliação de diferentes sanificantes	48
1 Resumo	49
2 Abstract.....	50
3 Introdução	51
4 Material e métodos.....	53
5 Resultados e discussão.....	56
6 Conclusões.....	59
7 Referências Bibliográficas	60
CAPÍTULO 4: Qualidade de mandioquinha-salsa minimamente processada: uso de antioxidantes	62
1 Resumo	63
2 Abstract.....	64
3 Introdução	65
4 Material e métodos.....	67
5 Resultados e discussão.....	71
6 Conclusões.....	81
7 Referências Bibliográficas	82
CAPÍTULO 5: Qualidade de mandioquinha-salsa minimamente processada: efeito de diferentes temperaturas	85
1Resumo	86
2 Abstract.....	87
3 Introdução	88
4 Material e métodos.....	90
5 Resultados e discussão.....	94
6 Conclusões.....	103
7 Referências Bibliográficas	104
CAPÍTULO 6: Qualidade de mandioquinha-salsa minimamente processada: perfil de compostos voláteis.....	106

1	Resumo	107
2	Abstract.....	108
3	Introdução	109
4	Material e métodos.....	111
5	Resultados e discussão	114
6	Conclusões	119
7	Referências Bibliográficas.....	120
	ANEXOS.....	122

RESUMO GERAL

Nunes, Elisângela Elena. **Qualidade de mandioquinha-salsa minimamente processada**. 2007. 129 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.¹

Foram conduzidos cinco experimentos com o objetivo de prolongar a vida útil e manter a qualidade de mandioquinhas-salsa minimamente processadas cultivar Amarela de Senador Amaral, através da avaliação de diferentes sanificantes, temperaturas de armazenamento, antioxidantes e atmosferas modificadas. Buscou-se, também, identificar e averiguar a influência do processamento mínimo sobre o perfil volátil das mesmas ao longo do armazenamento, por meio de Cromatografia gasosa/espectrometria de massas (CG/EM). A presença de coliformes 45°C e *Salmonella* sp. não foi detectada durante o armazenamento do produto minimamente processado, a despeito do tratamento utilizado. Condições higiênicas adequadas possibilitam a obtenção de um produto com padrão microbiológico que atende a legislação de alimentos, até 15 dias de armazenamento. A temperatura de 0°C determinou maiores valores de L* e b*, menores valores de a*, menor atividade da peroxidase, polifenoloxidase, poligalacturonase, solubilização péctica e taxa respiratória. O tratamento com ácido ascórbico 1% determinou maiores valores de b*, menores valores de a* e maior atividade da fenilalanina amônio-liase. A atmosfera modificada passivamente, aliada à refrigeração e boas práticas de fabricação, é suficiente para prolongar a vida útil de mandioquinha-salsa minimamente processada, preservando seus atributos de qualidade. A mandioquinha-salsa minimamente processada teve seu perfil volátil alterado ao longo do armazenamento, sendo que o 2,9-heptadecadieno-4,6-diin-8-ol foi reportado como o composto volátil majoritário e a 2-acetil-1-pirrolina, o composto de impacto no aroma. A temperatura de 0°C, o tratamento com ácido ascórbico 1 %, o armazenamento sob atmosfera modificada passiva e a aplicação adequada de boas práticas de fabricação são eficazes na manutenção da qualidade de mandioquinhas-salsa minimamente processadas, além de proporcionarem maior vida útil (9 dias).

¹ Comitê Orientador: Eduardo Valério de Barros Vilas Boas - UFLA (Orientador); Mário César Guerreiro – UFLA; Roberta Hilsdorf Piccoli – UFLA.

GENERAL ABSTRACT

Nunes, Elisângela Elena. **Quality of fresh-cut peruvian carrot**. 2007. 129 p. Thesis (Doctorate in Food Science) - Federal University of Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brasil.¹

Five experiments were carried out with the objective of extending the shelf life and maintaining the quality of fresh-cut peruvian carrot cultivar Amarela de Senador Amaral, through of the evaluation of different sanitizers, storage temperatures, antioxidants and modified atmosphere. It was searched, also, to identify and inquired the influence of the minimal processing on the volatile profile of the product over the storage period, through the gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS). The presence of coliforms 45°C and *Salmonella* sp. was not detected during the storage of fresh-cut product, in spite of used treatment. Proper hygienic conditions make possible the obtaining of a product with microbiological standard that assists the food legislation, until 15 days of storage. The 0°C temperature determined higher L* and b* values, lower a* values, peroxidase, polyphenoloxidase and polygalacturonase activity, pectic solubilization and respiration rate. The treatment with ascorbic acid 1% determined higher b* values and phenylalanine ammonia lyase activity, and lower a* values. The passive modified atmosphere, joined to the refrigeration and good production practices, is enough to extend the shelf life of fresh-cut peruvian carrot, keeping its quality attributes. The fresh-cut peruvian carrot had its volatile profile changed over the storage period; 2,9-heptadecadien-4,6-diyne-8-ol was reported as the majority volatile compound and 2-acetyl-1-pyrroline, the character-impact compound of aroma. The temperature of 0°C, ascorbic acid 1% treatment, passive modified atmosphere and proper use of good production practices are effective in the maintenance of fresh-cut peruvian carrot quality, besides they provide larger shelf life (9 days).

¹ Guidance Committee: Eduardo Valério de Barros Vilas Boas - UFLA (Adviser); Mário César Guerreiro - UFLA; Roberta Hilsdorf Piccoli – UFLA.

CAPÍTULO 1

QUALIDADE DE MANDIOQUINHA-SALSA MINIMAMENTE PROCESSADA

1 INTRODUÇÃO GERAL

O processamento mínimo de frutas e hortaliças surgiu como alternativa no mercado, para satisfazer a necessidade de consumo de frutas e hortaliças frescas, saudáveis e com qualidade nutricional, sensorial e microbiológica. Os produtos minimamente processados facilitam e agilizam o preparo de pratos, além de terem uma apresentação mais atraente, com embalagens de tamanho adequado, além de agregar valor ao produto.

O processamento mínimo da mandioquinha-salsa compreende a sanificação, a retirada da camada superficial da casca, seguida pela redução da raiz a pedaços menores na forma de rodelas. As mesmas características que tornam o produto minimamente processado atraente ao consumidor reduzem sua durabilidade em relação ao produto inteiro, que não sofreu as mesmas operações de preparo. Conseqüentemente, o produto minimamente processado apresenta exigências específicas de preparo e manuseio para que sejam garantidas as qualidades sensoriais, nutricionais e microbiológicas. Requerer, ainda especial atenção quanto à temperatura e ao tempo de armazenamento. A mandioquinha-salsa é um produto muito valorizado para a comercialização na forma minimamente processada, cujo valor é varias vezes maior que o do produto inteiro, devido ao alto valor agregado ao produto.

O presente trabalho teve como objetivo determinar as condições adequadas para prolongar a vida útil e manter a qualidade de mandioquinhassalsa minimamente processadas cultivar Amarela de Senador Amaral, através da avaliação de diferentes sanificantes, temperaturas de armazenamento, antioxidantes e uso de atmosfera modificada. Buscou-se, também, identificar e averiguar a influência do processamento mínimo sobre o perfil volátil das mesmas ao longo do armazenamento, uma vez que esta hortaliça apresenta um aroma característico.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Mandioquinha-salsa

2.1.1 Origem, disseminação e denominações

Mandioquinha-salsa é a raiz comestível produzida por uma planta eudicotiledônea, da ordem Umbellales, família Apiaceae (Umbelliferae), gênero *Arracacia*, espécie *Arracacia xanthorrhiza* Bancroft. A família das apiáceas compreende também, a cenoura, a salsa, o coentro, o aipo o funcho, entre outras. É originária da região andina da América do Sul compreendida, pela Venezuela, Colômbia, Equador, Peru e Bolívia. É na Colômbia que assume maior importância, por causa da área cultivada (cerca de 25.000ha) e uso intensivo na alimentação (Zanin & Casali, 1984). O seu verdadeiro centro de origem, porém, é desconhecido, encontrando-se plantas de *Arracacia xanthorrhiza* Bancroft com diferentes características botânicas distribuídas entre o Peru, Equador e sul da Colômbia, em vales onde a altitude varia de 1700 a 2500 m e as temperaturas médias anuais oscilam entre 15 e 18°C (Hermann, 1997).

Trata-se de uma das mais antigas plantas andinas cultivadas, sendo sua domesticação anterior mesmo à da batata (*Solanum tuberosum*). Segundo Bustamante (1994), por ocasião da conquista dessa região pelos espanhóis, a planta já era amplamente utilizada pelos Incas, povo que domesticou a espécie. O seu extermínio e o fato de esse povo não possuir escrita, certamente, levou à perda de muito de seu conhecimento. Ainda assim, não há como negar o impacto produzido por essa civilização que legou o material hoje cultivado. Estima-se que cerca de 40 espécies vegetais foram domesticadas pelos Incas, tornando-se produtivas por meio de seleção e de especialização cada vez mais avançadas.

No Brasil, as informações sobre quando e em que circunstância a mandioquinha-salsa foi introduzida são imprecisas. Há relatos, segundo Balbino et al. (1990) e Souza (1992), de ter sido o Barão de Friburgo, em data desconhecida no início do século passado, quem trouxe a planta para o país. Daí o nome popular pelo qual é conhecida no Estado do Rio de Janeiro: "baroa" ou "batata-baroa". Por outro lado, segundo Santos et al. (2000), a planta era desconhecida no país até o início do século, tendo sido introduzida por ocasião de uma reunião da Sociedade de Geografia, em julho de 1907, sendo ofertada pelo general colombiano Rafael Uribe Uribe, sendo os primeiros cultivos realizados em Nova Friburgo, colônia suíça instalada na região serrana do Estado do Rio de Janeiro, provavelmente em terras que pertenceram ao Barão de Friburgo.

Disseminou-se, então, pelos estados de Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Espírito Santo, em regiões de clima ameno, à semelhança de seu habitat, com altitudes superiores a 800 m. Mais recentemente, a cultura expandiu-se para o planalto central, especialmente no Distrito Federal, em locais com altitude entre 1000 e 1200 m. Todavia, a mandioquinha-salsa é desconhecida para a maioria da população nas regiões norte, nordeste e em parte do centro oeste (Santos et al., 1991).

Recebe várias denominações, conforme a região: baroa ou batata-baroa (Rio de Janeiro, Espírito Santo e Zona da Mata mineira), mandioquinha ou mandioquinha-salsa (São Paulo), fiúza ou batata-fiúza (Lavras, MG e região), batata-salsa ou salsa (Paraná e Santa Catarina), cenoura-amarela ou cenourinha (Barbacena, MG e região), entre outras. No meio científico, porém, têm-se concentrado esforços para uniformizar a denominação para mandioquinha-salsa.

2.1.2 Cultivar Amarela de Senador Amaral

Desde 1985, a Embrapa Hortaliças vem conduzindo programa de melhoramento genético dessa cultura, obtendo plantas mediante coleta de sementes em lavouras comerciais junto a produtores, além de algumas introduções dos países de origem, dispondo atualmente de um banco de germoplasma bastante amplo. Esse programa culminou com o lançamento da cultivar Amarela de Senador Amaral a partir de 1998, obtida por meio da seleção de clones originários de sementes botânicas do material tradicionalmente cultivado, coletadas no município de Senador Amaral, sul de Minas Gerais, com produtores locais. Essa cultivar tem por características alta produtividade, superior a 25 t.ha⁻¹, raízes de qualidade superior quanto a forma e coloração, e precocidade de colheita a partir de oito meses (Santos, 2002).

2.1.3 Produção, valor nutricional e usos na culinária

A produção de mandioquinha-salsa concentra-se na América do Sul, especialmente no Brasil, Colômbia, Venezuela e Equador e, em menor escala, no Peru e Bolívia. É também cultivada esporadicamente na América Central - em Porto Rico, Costa Rica, Cuba, Ásia/ Índia e Sri Lanka (Hermann, 1997).

No Brasil, os dados de produção são escassos, por causa da dificuldade de levantamentos realistas e pelo fato de que boa parte da produção é comercializada diretamente do produtor a varejistas ou a beneficiadoras, não passando pelas centrais de abastecimento, não sendo, conseqüentemente, computada em dados oficiais.

De acordo com Pereira (1997), a mandioquinha-salsa caracteriza-se como alimento essencialmente energético, pois destacam-se os teores de carboidratos em relação aos demais nutrientes. Dos carboidratos totais, cerca de 80% correspondem a amido e 6%, a açúcares totais. O amido de mandioquinha-salsa contém baixos teores de amilopectina e ausência total de

fatores antinutricionais, conferindo-lhe alta digestibilidade. As proteínas são incompletas, como ocorre em outras raízes e tubérculos, devido à deficiência da maioria dos aminoácidos essenciais. É notadamente fonte de vitaminas e minerais. Entre as vitaminas, ressaltam-se as do complexo B (tiamina, riboflavina, niacina e piridoxina) e a vitamina A, na forma de beta caroteno. Entre os minerais, destacam-se cálcio, magnésio, fósforo e ferro. Devido a esses fatores, é especialmente recomendada na alimentação de crianças e pessoas idosas. Na tabela 1, apresenta-se a composição nutricional de algumas raízes e tubérculos, incluindo a mandioquinha-salsa.

Tradicionalmente, o consumo de mandioquinha-salsa ocorre na forma de sopas e cremes, o que a faz ser mais utilizada no inverno. Entretanto, outras formas de preparo são particularmente saborosas, como fritas fatiadas ("chips"), com costela bovina, com frango caipira, com rabada e agrião, nhoque ao molho gorgonzola ou bolonhesa, suflês, pães doces ou salgados, rocambole com calabresa ou camarão, creme com catupiri ou requeijão e bacon, bolinhos empanados e doces, entre outras receitas. Basicamente, nas receitas que utilizam batata, cenoura e mandioca, pode-se empregar mandioquinha-salsa em substituição a essas.

É crescente, ainda, a demanda de mandioquinha-salsa como matéria-prima para indústrias alimentícias na forma de sopas, cremes, pré-cozidos, alimentos infantis ("papinhas"), fritas fatiadas ("chips") e "purés". Com a industrialização do produto, abre-se uma nova oportunidade, a exportação, complicada para o produto *in natura* em razão da sua reduzida conservação pós-colheita.

TABELA 1 Composição nutricional de raízes e tubérculos.

	Mandioquinha-salsa	Cenoura	Batata *	Inhame
Fibras (%)	0,6	1,8	0,4	4,1
Calorias	125,5	50	78,5	66,8
Água (%)	76,7	87,79	83,29	70,64
Vit.A retinol (µg)	20	1100	6	5
Vit. B tiamina (µg)	60	60	90	100
Vit.B2 riboflavina (µg)	40	50	30	83
Vit.B5 niacina (mg)	3,40	0,60	1,50	1,10
Vit.C ác.ascórbico (mg)	28,0	26,8	17,4	9,8
Manganês (mg)	2,800	0,600	0,602	0,383
Zinco (mg)	1,80	0,30	0,20	0,23
Potássio (mg)	586,6	328,6	394,4	648,0
Sódio (mg)	61,5	53,7	47,4	3,0
Cálcio (mg)	45	56	9	43
Ferro (mg)	0.67	0,60	1,00	0,55
Fósforo (mg)	101	46	69	84

* sem casca. Fonte: Luengo (2000).

A mandioquinha-salsa é um produto muito valorizado para a comercialização em fatias, cujo valor é bem maior que o do produto inteiro. O uso de refrigeração em temperatura próxima a 0°C em todas as fases do preparo, transporte e comercialização da mandioquinha-salsa minimamente processada é até mais importante que para esta hortaliça inteira. Sob temperatura maior que a máxima recomendada (5°C), a mandioquinha-salsa colocada em embalagens seladas entram em anaerobiose e a liberação

excessiva de dióxido produzido por fermentação alcoólica. O produto contido em uma embalagem estufada apresenta, normalmente, sabor alterado e deve ser descartado para evitar risco à saúde dos consumidores.

2.2 Processamento mínimo

2.2.1 Conceito e principais características

O processamento mínimo é definido como qualquer alteração física causada em frutas e hortaliças que mantém o estado fresco destes produtos. Inclui operações de seleção, limpeza, lavagem, descascamento, corte, sanificação, centrifugação, embalagem e armazenamento refrigerado, ou seja, operações que não afetem suas características sensoriais e agreguem valor aos mesmos, resultando em produtos naturais, práticos, cujo preparo e consumo requer menos tempo, atendendo as exigências da vida moderna (IFPA, 2006).

Os produtos minimamente processados surgiram como alternativa para o consumidor que não tem tempo de preparar sua refeição ou mesmo não gosta de fazê-lo. Em vários países verifica-se que esses produtos estão sendo oferecidos nos formatos mais variados, sempre visando à agregação de valor e a comodidade do consumidor (Moretti & Araújo, 2001).

As operações de processamento mínimo, apresentadas a seguir, devem ser realizadas priorizando-se a qualidade do produto final. Essas operações, se não forem realizadas de maneira correta, podem comprometer seriamente a vida útil das hortaliças que passam por este tipo de processamento.

-Seleção: tem finalidade de remover matérias indesejáveis e produtos danificados ou com podridão. É feita por aparência, cor, tamanho e defeitos, visando a adequação da matéria-prima ao processamento.

-Corte: é realizado com o objetivo de retirar as partes não comestíveis de frutos e hortaliças ou simplesmente fracioná-los em porções menores. Nesta etapa, é importante que facas e outros utensílios cortantes utilizados sejam

preferencialmente de aço inox e estejam bem afiados, para não danificarem demasiadamente o tecido vegetal. As lesões causadas pelo corte aceleram a respiração do tecido vegetal e liberam enzimas presentes no interior das células, que degradam a parede celular e favorecem o desenvolvimento de microrganismos (Moraes, 2006).

-Sanificação: Hortaliças frescas são veículos de bactérias, fungos e leveduras quando chegam às plantas de processamento, podendo trazer também vírus e parasitas (Moraes, 2006). Os processos de lavagem em água limpa e sanificação são etapas importantes para a redução do número de microrganismos no produto final. A utilização de água de qualidade inadequada tem potencial de ser uma fonte direta de contaminação e um veículo para disseminar contaminação localizada nos ambientes de campo, instalação ou transporte. Sempre que a água entra em contato com produtos hortícolas frescos, sua qualidade dita o potencial de contaminação patogênica. Se os patógenos sobrevivem no produto, isto pode causar doenças alimentares (Moraes, 2005).

-Drenagem: esta etapa é necessária para a retirada do excesso de água presente sobre o produto em decorrência da lavagem e da sanificação. A disponibilidade de água livre pode favorecer o desenvolvimento de microrganismos, diminuindo a vida útil do produto (Moraes, 2006).

-Embalagem: a embalagem de um alimento deve contê-lo e protegê-lo desde o local de produção até o ponto do consumo. Uma embalagem adequada pode ser definida como um sistema que protege um produto perecível de danos físicos causados por manuseio, condições externas de temperatura e de umidade, ou atmosferas que por elas mesmas contenham elementos que possam degradar o produto durante o transporte ou armazenamento. Frutas e hortaliças minimamente processadas necessitam de uma embalagem especial, que auxilie na preservação da qualidade do produto fresco em seu interior. Os produtos minimamente processados são mais perecíveis do que seus similares íntegros, o que se traduz em maior taxa respiratória, maior perda d'água e alterações

fisiológicas mais rápidas e mais intensas. As embalagens para esses produtos, portanto, têm a função de retardar esses eventos fisiológicos, prolongando ao máximo a sua vida útil. As embalagens com filmes poliméricos aplicam-se bem, pois permitem perda mínima de água e reduzem a taxa respiratória dos vegetais. Portanto, seleção de polímero com certas propriedades de permeação a gases a uma dada temperatura é fundamental para o estabelecimento da atmosfera adequada ao metabolismo do vegetal no interior da embalagem (Moraes, 2005).

-Armazenamento refrigerado: baixas temperaturas durante o transporte, armazenamento e pontos de vendas diminuem os processos metabólicos, reduzem a deterioração e minimizam os efeitos do etileno.

2.2.2 Aspectos microbiológicos

Os produtos minimamente processados têm vida útil limitada devido à deterioração causada por microrganismos bem como a deterioração fisiológica (Ukuku, 2004). O aumento da taxa de deterioração do produto é decorrente da transferência da microbiota da casca para os tecidos do interior, onde os microrganismos encontram condições favoráveis ao seu crescimento (Nguyen-The & Carlin, 1994, Ukuku, 2004). Torna-se imprescindível, portanto, a utilização de água de boa qualidade, bem como a higienização dos frutos e hortaliças e equipamentos e utensílios, de forma a evitar a contaminação cruzada o que aumenta a segurança microbiológica dos alimentos minimamente processados (Suslow, 1997; Antonioli, 2005).

A microbiologia de frutos e hortaliças minimamente processados é multifatorial, dependendo do tipo de produto (pH, atividade de água, nutrientes), sua procedência, etapas de processamento (lavagem, sanificação, descascamento, corte, embalagem, temperatura de armazenamento) e condições higiênico-sanitárias do manipulador, dos equipamentos e utensílios, bem como do ambiente (Pinheiro et al., 2005).

A qualidade microbiológica dos alimentos minimamente processados está relacionada à presença de microrganismos deteriorantes que irão influenciar a qualidade sensorial do produto durante sua vida útil (Vanetti, 2004).

O cloro, nas suas várias formas, consiste no sanificante mais utilizado em alimentos. Os compostos à base de cloro são germicidas de amplo espectro de ação, que reagem com as proteínas da membrana das células microbianas, interferindo no transporte de nutrientes e promovendo a perda de componentes celulares (Vanetti, 2004). O hipoclorito de sódio (NaOCl) corresponde ao sanificante químico de maior utilização, em função de sua rápida ação, fácil aplicação e completa dissociação em água, mas apresenta o inconveniente de liberar trihalometanos que são sub produtos potencialmente carcinogênicos quando hidrolisado (Antoniolli et. al., 2005).

O dicloro isocianurato de sódio (NaDCI) é um composto clorado orgânico comercializado na forma de pó ou comprimidos efervescentes. Por atender a um processo específico de fabricação para uso em alimentos, não libera metais pesados e trihalometanos quando hidrolisados, sendo seguro para o manuseio e consumo. Quando hidrolisado forma duas moléculas de ácido hipocloroso (HOCl), assim possui maior eficácia bactericida, se comparado aos outros compostos clorados, como o hipoclorito de sódio, que forma apenas uma molécula de ácido hipocloroso (Macedo, 2001).

O peróxido de hidrogênio elimina microrganismos por ser um forte oxidante devido à liberação do oxigênio, pelos danos que causa ao DNA, sendo eficiente sobre bactérias gram positivas e negativas, seus esporos, fungos e leveduras, sendo considerado um ótimo sanificante (Sapers & Simmons, 1998). Apesar de não gerar subprodutos do processo de desinfecção por ser decomposto em água e oxigênio, tem forte poder de oxidação, atacando componentes celulares essenciais, tanto de microrganismos quanto células vegetais. Dependendo da concentração usada, pode levar ao rompimento das células

vegetais, com efeitos sobre a textura, que é um dos mais importantes atributos para aceitação de um produto (Santos & Valle, 2005).

2.2.3 Reações de escurecimento e uso de antioxidantes

Durante o processamento mínimo, frutas e hortaliças são manipuladas em uma série de etapas onde suas estruturas e tecidos são geralmente danificados ou removidos. Através do corte, o produto intacto é reduzido para obtenção de um produto pronto para ser embalado em porções convenientes. Durante o manuseio, corte, lavagem e enxágüe, ocorrem importantes danos mecânicos, os quais são acompanhados pelo estresse oxidativo (Vinã & Chaves, 2006).

As reações de escurecimento são alguns dos fenômenos mais importantes que ocorrem durante o processamento de alimentos. Elas podem envolver diferentes compostos e proceder por diferentes vias químicas. Os principais grupos de reações que conduzem ao escurecimento são a oxidação enzimática dos fenóis, principalmente pela atividade da polifenoloxidase (PFO), e o escurecimento não enzimático (Manzocco et al., 2000). PFO é um termo genérico para um grupo de enzimas que catalisam a oxidação dos compostos fenólicos e produzem pigmentos escuros na superfície de frutas cortadas e vegetais. O escurecimento leva também ao desenvolvimento de sabores desagradáveis e perdas na qualidade nutricional (Haminiuk et al., 2005).

O escurecimento é iniciado pela oxidação de compostos fenólicos pela PFO. O produto inicial da oxidação é a quinona, que rapidamente se polimeriza, formando pigmentos escuros insolúveis, denominados melaninas, ou reagem não enzimaticamente com outros compostos fenólicos, aminoácidos e proteínas, também formando melanina. Os fatores mais importantes na evolução da taxa do escurecimento enzimático provocado pela PFO são a concentração de PFO ativa e de compostos fenólicos, o pH, a temperatura e o oxigênio disponível no tecido.

As peroxidases (POD) também participam do escurecimento em vegetais minimamente processados, desestruturando as membranas celulares, diminuindo sua permeabilidade seletiva; promovem, ainda, reações em cadeia que levam à formação de radicais livres que podem causar danos às organelas e membranas, podendo alterar as características sensoriais do produto (Vilas Boas, 2004). Está relacionada com processos de cicatrização, como, por exemplo, a lignificação. Sua ação promove a oxidação de compostos fenólicos na presença de peróxido de hidrogênio (Cantos et al., 2002).

O corte e o descasque podem provocar, ainda, a ativação de mecanismos de defesa culminando na deposição de lignina e suberina nas paredes das células danificadas, possivelmente seguido da divisão celular sob o tecido suberizado para recomposição da periderme. A lignificação após o dano é uma reação enzimática, envolvendo a atividade da fenilalanina amônio-liase em resposta ao estresse. A lignina é um polímero complexo formado a partir de uma mistura de fenilpropanóides simples. Muitos desses compostos são induzidos pelo dano. O ácido clorogênico, os ésteres de alquil ferulato e outros ésteres fenólicos de parede celular podem agir diretamente como componentes de defesa ou podem ser precursores da síntese de lignina, suberina e outras barreiras polifenólicas (Dixon & Paiva, 1995).

A cisteína é um aminoácido que contém um grupo tiol, com ação redutora; seu poder de escurecimento varia de acordo com a razão de concentração cisteína/fenólico (Richard-Forget et al., 1992). Três diferentes mecanismos de atuação de cisteína são propostos; redução das orto-quinonas a orto-dihidroxifenóis; inibição direta da atividade da PFO e reação com orto-quinonas dando origem a compostos incolores cis-quinonas (Richard-Forget et al., 1991). Entretanto a aplicação de cisteína pode levar à indesejável formação de pigmentos amarelos, violáceos ou róseos (Richard-Forget et al., 1992).

O ácido ascórbico é reconhecido por sua ação redutora, pois ao se oxidar, reduz quinonas produzidas pela ação enzimática, transformando-se em

ácido deidroascórbico, que também apresenta atividade vitamínica (Bezerra et al., 2002). O ácido ascórbico e seus vários sais neutros são os principais antioxidantes para uso em frutas e hortaliças e seus sucos, visando prevenir escurecimento e outras reações oxidativas (Wiley, 1994). Ele atua seqüestrando o cobre, grupo prostético da polifenoloxidase, e reduzindo quinonas de volta a fenóis, antes de formarem pigmentos escuros (Sapers & Miller, 1998).

2.2.4 Refrigeração e atmosfera modificada

De grande importância é a temperatura em que cada produto processado é armazenado, pois, muitas reações bioquímicas são dependentes da temperatura (Lana et al., 2005). Os produtos minimamente processados devem ser armazenados sob temperatura adequada, sendo este fator mais importante no retardamento da perda de qualidade, na alteração da composição da atmosfera modificada ao redor do produto, na perda das características nutricionais, na minimização da contaminação microbiológica, bem como, na manutenção da qualidade sensorial dos mesmos. Portanto, é essencial que estes produtos sejam mantidos sob refrigeração, a fim de provendo a manutenção da qualidade e prolongamento do tempo de estocagem, minimizando as injúrias provocadas pelo processamento. Os produtos minimamente processados geralmente são mais perecíveis que os que lhes deram origem e, por isso, devem ser mantidos a baixas temperaturas, sendo 0°C considerada ideal. Entretanto, por razões econômicas, são utilizadas temperaturas ao redor de 5 a 10°C (Rinaldi et al., 2005).

A refrigeração diminui a taxa de respiração, a perda de água e retarda o amadurecimento (Lana et al., 1998). Por ser um produto extremamente perecível, a mandioquinha-salsa minimamente processada se beneficia do emprego de armazenamento refrigerado em temperatura próxima a 0 °C em todas as fases do preparo, transporte e comercialização (Moretti, 2001).

Por outro lado, baixas temperaturas podem enfraquecer os tecidos sensíveis ao frio, causando maior susceptibilidade às deteriorações fisiológicas e patológicas e desenvolvimento de escurecimento nos tecidos e odor indesejável. O tecido afetado pelo frio pode ter níveis reduzidos de voláteis e pode desenvolver aromas indesejáveis, gerando qualidade inferior e menor vida de prateleira (Wang, 2006).

Quando a refrigeração é associada à atmosfera modificada, há substancial redução no crescimento microbiano e mudanças químicas e fisiológicas podem ser retardadas nos produtos armazenados. A cada produto corresponderá uma determinada atmosfera de acondicionamento específica e adequada ao mesmo e dependente da temperatura e do período de estocagem. O controle da temperatura e boas condições sanitárias são imprescindíveis para o sucesso da tecnologia. Assim, tratamentos fitossanitários e processos adequados de higienização devem ser aplicados aos produtos hortícolas que serão embalados sob atmosfera modificada (Santos et al., 2005).

A atmosfera modificada é usada comercialmente com o objetivo de suprimir o crescimento de microrganismos e estender a vida útil de produtos vegetais e de carnes (Yuan, 2003). A atmosfera modificada pode ser passiva, quando as embalagens são seladas sob ar, ou ativa, quando após vácuo parcial uma mistura definida de gases é injetada na embalagem, tipicamente com O₂ reduzido e CO₂ aumentado. Para os vegetais embalados sob um ou outro sistema, não há nenhuma mistura ideal ou padrão de gás; a mistura dos gases dentro da embalagem depende da respiração do produto, da permeabilidade da embalagem e do produto utilizado (Al-Ati & Hotchkiss, 2002; Niemira et al., 2003). A principal vantagem da atmosfera modificada ativa está na rapidez com que a atmosfera desejada é estabelecida.

Além dos defeitos visuais, algumas alterações de sabor podem ser induzidas aplicando atmosfera modificada (Heimdal et al., 1995; Beaudry, 2000) e/ou pelo crescimento microbiano (Carlin et al., 1989; Lopez-Galvez et al.,

1997). Por exemplo, a exposição a níveis elevados de CO₂ (10-20%) pode resultar na supressão de vários processos metabólicos (Kays, 1991; Mathooko, 1996; Watkins, 2000). Entretanto, na presença do O₂ suficiente, a qualidade sensorial é menos afetada (Mathooko, 1996; Lopez-Galvez et al., 1997; Watkins, 2000). O desenvolvimento de *off-flavour* em vegetais minimamente processados pode também ser provocado pela falta do O₂; uma atmosfera anaeróbica provocará um metabolismo fermentativo. A severidade de produção de *off-flavour* dependerá do tempo de exposição às circunstâncias abaixo da concentração mínima requerida de O₂ e/ou acima da concentração máxima tolerada de CO₂ (Beaudry, 2000; Kader et al., 1989; Kays, 1991; Watkins, 2000).

2.3 Compostos voláteis

O aroma de frutas e hortaliças é determinado pela combinação de compostos voláteis. Embora diferentes frutas e hortaliças frequentemente compartilhem muitos aromas característicos, cada fruta e hortaliça tem um aroma distinto que está em função das proporções de voláteis de impacto e a presença ou ausência desses componentes. Os mais importantes compostos do aroma incluem, entre outros, mono e sesquiterpenos, derivados fenólicos, compostos derivados de lipídeos, compostos derivados de aminoácidos e compostos derivados da quebra de carotenóides (Lewinsohn et al., 2005).

Os compostos voláteis naturais incluem substâncias químicas diversas tais como ésteres, lactonas, álcoois, ácidos, aldeídos, cetonas, acetais, hidrocarbonetos e alguns fenóis, éteres e compostos heterocíclicos (Chitarra & Chitarra, 2005), desempenhando papel vital durante o ciclo de vida da planta por promoverem a interação desta com o meio em que vive. São produzidos pelas plantas por várias razões, fazendo parte do seu sistema imunológico e determinando o aroma característico de cada vegetal (Simões et al., 2003). Na Figura 1 encontra-se o esquema geral de sínteses de voláteis.

Através da liberação de compostos voláteis de flores e frutos, as plantas emitem sinais químicos para animais, polinizadores e disseminadores de sementes, assegurando sua reprodutividade e sucesso evolucionário. Os voláteis emitidos dos tecidos vegetais, fazem parte do sistema de defesa da planta, podendo repelir diretamente microorganismos e animais ou atrair predadores naturais de herbívoros (Dudareva & Negre, 2005). Frequentemente, os compostos voláteis dos tecidos vegetais, são liberados apenas após o rompimento celular, quando enzimas e substratos, que antes estavam compartimentados, entram em contato (Baldwin, 2002).

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 (Chitarra & Chitarra, 2005). Mais complicada que a identificação dos numerosos compostos voláteis é a definição das rotas bioquímicas e químicas que levam à sua formação (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. Em geral, ácidos graxos são considerados os maiores precursores dos compostos voláteis, e a via biossintética inclui: beta-oxidação, clivagem de hidroperóxidos e ação da lipoxigenase (Defilippi et al., 2005).

A gama mais ampla de compostos voláteis, provenientes de lipídeos, surge mediante a atividade de lipoxigenase (LOX). Muitos dos ésteres, álcoois, ácidos e carbonílicos alifáticos vêm da degradação oxidativa dos ácidos linoléico e linolênico. A hidroperoxidação de ácido linolênico, promovida por lipoxigenase, por exemplo, seguida por clivagem catalisada por liase, produz (E)-2-hexenal, o qual é um componente característico do sabor e aroma de frutos e folhas verdes (Batista et al., 2002), ou (E,Z)-2,6-nonadienal, importante em pepino. Sucessivas reações ocorrem e o aroma muda com o tempo. Aldeídos e

cetonas, por exemplo, podem ser convertidos em álcoois correspondentes (Rodriguez-Amaya, 2003).

A auto-oxidação de lipídios resulta na formação de aldeídos voláteis. Na tabela 2 é apresentada uma lista de produtos da oxidação de três ácidos graxos: oléico, linoléico e linolênico. Alguns bem conhecidos são o hexanal, (Z)-2-nonenal, (E)-2-nonenal, (E,Z)-2,6-nonadienal, (E,E)-2,4-nonadienal e os isômeros do 2,4-decadienal, oriundos da quebra de hidroperóxidos de lipídios.

TABELA 2 Produtos da oxidação de três ácidos graxos insaturados

Oléico	Pentanal, Hexanal, Heptanal, Nonanal, 2-Octenal, 2-Nonenal, 2-Decenal.
Linoléico	Acetaldeído, Hexanal, 2-Propenal, 2-Pental, 2-Hexenal, 2-Octenal, 2-Nonenal, 2-Decenal, Dec-2,4-dienal, Oct-1-em-3-ol.
Linolênico	Acetaldeído, Propanal, Butanal, 2-Hexenal, 2-Nominal, Hex-1,6-dienal, Metil etil cetona

Fonte: Kays, (1991).

Os lipídios quando expostos ao aquecimento em atmosfera de oxigênio, se decompõem em produtos secundários, dentre os quais destacam-se os aldeídos. A reação de Mailard também é considerada uma das vias de produção de aldeídos. Os aldeídos possuem características sensoriais bem diversificadas. O metanal, o etanal e o piruvaldeído apresentam aromas acres e pungentes, sendo indesejáveis em altas concentrações. Por outro lado, os aldeídos de cadeia longa normalmente apresentam um aroma agradável e suave de frutas e flores, como por exemplo, o 2-nonenal (Moreira et al., 2000).

O hexanal, (2E)-hexenal e (3Z)-hexenol são componentes do cheiro de verde de plantas e também utilizados, por elas, como atraentes ou repelentes de insetos (Hatanaka, 1993; Stumpe et al., 2006), formados pela oxidação lipídica de ácidos graxos insaturados e/ou através da atividade de lipoxigenases, que catalisam a hidroperoxidação de ácidos graxos poliinsaturados. Em plantas, os intermediários da reação são hidroperóxidos de ácido graxo insaturado (HPOs), que formam os aldeídos C6 através da ação da hidroperóxido liases. Dois grupos de hidroperóxido liases clivam 9-(S)-HPOs ou 13-(S)-HPOs, gerando dois fragmentos de 9 carbonos, ou um fragmento de 6 carbonos e um de 12 carbonos, respectivamente (Hatanaka, 1993). O segundo fragmento de 12 carbonos pode ser isomerizado para traumatina, um hormônio do ferimento (Zimmerman et al., 1979; Buchanan, 2000).

Dependendo da especificidade pelo substrato, as lipoxigenases podem ser classificadas em três grupos: 13-lipoxigenase liase que cliva especificamente 13-HPO para formar C6-aldeídos (n-hexanal ou (Z)-3-hexenal e ácido 12-oxo-(Z)-9-dodecanóico), 9/13-HPL que pode clivar ambos 13-HPO e 9-HPO com a mesma eficiência (Matsui et al., 2000) e 9-HPL que cliva especificamente 9-HPO (Mita et al., 2005). Os produtos voláteis da reação de 9-hidroperóxidos (9-HPODE ou 9-HPOTE) são (Z)-3-nonenal ou (Z,Z)-3-6-nonadienal, respectivamente (Stumpe et al., 2006). Em algumas plantas, os carbonil beta-insaturados são enzimaticamente ou não-enzimaticamente isomerizados para formas correspondentes, como (E)-2-hexenal, (E)-2-nonenal ou (E,Z)-2,6-nonadienal, sendo estes freqüentemente convertidos em álcoois e ésteres correspondentes, como por exemplo, os ésteres metilacetato, hexilacetato e butilacetato, responsáveis pelo *flavor* de bananas com notas distintas de frutas (Matsui et al., 2006).

Os terpenos, como a maior classe de metabólitos secundários, têm muitos representantes voláteis. A maioria de hemiterpenos (C5), monoterpenos (C10), sesquiterpenos (C15), e até alguns diterpenos (C20) tem alta pressão de

vapor em condições atmosféricas normais o que permite sua liberação significativa no ar. Os terpenóides voláteis (monoterpenos, sesquiterpenos e alguns diterpenos) são sintetizados a partir de precursores de cinco carbonos 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 fosfato (MEP), situada no plastídeo. A via de biossíntese dos voláteis terpenóides é convenientemente realizada em três fases: (1) formação das unidades básicas de cinco carbonos; (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). A biossíntese de terpenos e biodegradação de carotenóides (tetraterpenos), como, por exemplo, apocarotenóides, também contribuem para o aroma típico de frutos e flores (Rodriguez-Amaya, 2003; Lewinsohn et al., 2005).

Os aminoácidos também estão envolvidos na biossíntese do aroma de frutas e hortaliças, e seu metabolismo é responsável pela produção de um grande número de compostos incluindo álcoois, carbonils, ácidos e éteres (Defilippi, 2005). A conversão de um aminoácido para um éster envolve desaminação, descarboxilação, reduções e esterificação (Perez et al., 1992). Os mais importantes aminoácidos envolvidos na síntese de voláteis são alanina, valina, leucina, isoleucina, fenilalanina e ácido aspártico. A conversão da fenilalanina para éteres fenólicos como o eugenol, metiléster eugenol e elimicina catalisada pela fenilalanina amônio-liase, fenolase e metil tranferase (Baldwin, 2002). A respeito da importância dos aminoácidos como potenciais substratos para formação de voláteis seus níveis nem sempre podem ser relacionados com a formação de um composto volátil específico (Defilippi et al., 2005).

As pirrolinas foram identificadas nos alimentos em meados da década de 60 sendo compostos característicos de alimentos processados termicamente, sendo encontradas em pequenas quantidades. As pirrolinas podem ser formadas

a partir da reação de *Maillard*, da degradação de *Strecker* e da pirólise de aminoácidos. Os aminoácidos livres são precursores de aromas extremamente importantes. A partir de sistemas de reação contendo aminoácidos e glicídios ou somente aminoácidos, verificou-se a formação de uma série de pirrolinas. Foi relatado, também, que as pirrolinas poderiam ser formados pela interação entre um aminoácido e a 3-deoci-hexasona através da degradação de *Strecker* seguida de desidratação e fechamento do anel. As pirrolinas apresentam propriedades sensoriais bem características, sendo que as alquil- e acil-pirrolinas apresentam em baixas concentrações um aroma doce e levemente queimado. Em outro estudo, verificou-se que as acil-pirrolinas são responsáveis por um odor semelhante ao de pão. Já o 2-acetil-pirrolina foi responsável pelo odor suave de caramelo identificado em carne bovina cozida (De Maria et al., 2003)

A acetil-coenzima A (acetil-CoA), que provém de acetato, dá origem a uma enorme variedade de metabólitos, sendo a unidade acetato (C₂) importantíssima na formação de metabólitos secundários. Por união seqüencial de duas unidades de carbono resultam cadeias de poliacetato que se formam pela condensação de uma unidade inicializadora de acetil-CoA e unidades sucessivas de malonil-CoA. As cadeias de poliacetato depois de formadas sofrem transformações subseqüentes (redução, oxidação, ciclização, rearranjo entre outras) que dão origem a ácidos graxos e poliacetatos. As modificações que as cadeias de ácidos graxos e de poliacetato podem sofrer, dão origem a estruturas com funcionalidades bem distintas. Os metabólitos derivados de cadeias de poliacetato podem sistematizar-se em função da estrutura, precursores e vias biossintéticas, segundo a ordem a seguir: ácidos graxos saturados e insaturados; poliacetilenos; prostaglandinas e leucotrienos; polifenóis e antibióticos macrocíclicos (Castro et al., 2004). Os poliacetilenos que se conhecem, como por exemplo fálcarinol e panaxinol, foram isolados essencialmente de plantas superiores, sendo comuns nas famílias Apiaceae e Araliaceae, alguns fungos e algas. Esses metabólitos desempenham funções específicas nos organismos que

os produzem, como proteção contra o ataque de fungos e exibem estruturas bastante distintas, tanto lineares como cíclicas (Castro et al., 2004).

O isolamento 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 (Franco & Janzantti, 2003).

A análise total geralmente utiliza a volatilidade propriedade comum dos compostos voláteis para separar os compostos voláteis dos não voláteis. Desta 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, mas sempre envolve calor e, portanto perdas ou modificações 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 & Janzantti, 2003).

Os métodos de extração variam conforme a localização do óleo volátil na planta e com a proposta de utilização do mesmo, sendo os mais comuns: enfloração, extração com solventes orgânicos, prensagem (ou expressão), extração por CO₂ supercrítico e arraste por vapor d'água (hidrodestilação). A hidrodestilação é o mais antigo método de destilação e o mais versátil. Baseia-se no princípio que os óleos voláteis possuem tensão de vapor mais elevada que a água, sendo, por isso, arrastados pelo vapor d'água. Os materiais da planta são

completamente emergidos na água, como num chá e então destilados. A temperatura não excede os 100°C, evitando desta forma a perda de compostos mais sensíveis a altas temperaturas. Em pequena escala, emprega-se o aparelho de Clevenger (Simões et al., 2003).

A cromatografia gasosa é o método de escolha para separar e quantificar substâncias componentes de óleos voláteis. A identificação dos compostos voláteis individuais pode ser realizada através da comparação do tempo de retenção relativo da amostra com padrões. Para ser mais independente das variações do tempo de retenção, sob condições diferentes da medida, foi introduzido o *índice de Kovats* (IK) que relaciona o tempo de retenção dos compostos ao tempo de retenção de uma série de hidrocarbonetos homólogos. Tal índice permite uma comparação melhor dos dados entre laboratórios diferentes. 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 1900 (menos volátil) (Simões et al., 2003; Adams, 1995).

Para quantificar a composição de um óleo volátil, é usado o método de normalização ou o método do 100%: o valor total das áreas de cada pico é considerado como 100%. Esse método não é muito exato, pois a resposta do detector é diferente para cada composto. Às vezes, é necessário quantificar um ou mais componentes com mais precisão (Simões et al., 2003).

O avanço maior na identificação de compostos voláteis foi iniciado com a associação de cromatógrafos gasosos a espectrômetros de massas. Os espectrômetros de massas apresentam boa estabilidade e sensibilidade para análise de compostos voláteis. Com o desenvolvimento dos sistemas de análise de dados por computadores, os cromatogramas e os espectros de massas podem ser armazenados para pós-processamento. A incorporação de programas específicos habilita o computador a rastrear e ajustar as condições instrumentais ótimas durante toda a análise cromatográfica, facilita os cálculos, processa os

dados experimentais e os confronta com os dados da biblioteca inserida no sistema, informando rapidamente os possíveis resultados com certo grau de certeza (Franco & Janzanti, 2003). Também é necessário o conhecimento das características de retenção, principalmente quando compostos diferentes apresentam espectros de massas semelhantes. Um índice de retenção sistemático, proposto por Kovats, permite expressar o tempo de retenção dos compostos de interesse em uma escala uniforme, construída a partir de padrões de alcanos em isotermas definidas para uma determinada fase estacionária. Os índices de retenção têm auxiliado na identificação dos compostos, comparando a ordem de eluição experimental com a ordem de eluição indicada na literatura (Franco & Janzanti, 2003).

O aroma típico dos alimentos resulta da combinação de dezenas de substâncias voláteis de diversas classes químicas. A percepção do aroma depende do impacto individual de cada um desses compostos, mas é resultado do balanço global entre eles. Nenhum constituinte individual é totalmente responsável pelo aroma característico de um alimento, mas em alguns produtos existem um ou mais componentes que, sozinhos, lembram a qualidade característica de seu aroma, e são chamados de compostos caráter-impacto. Os demais compostos necessários para se obter o aroma pleno do alimento são denominados de compostos contribuintes (Garruti, 2003).

Dentre os muitos compostos identificados, vários não possuem qualquer odor e apenas uma pequena fração apresenta de fato, impacto significativo sobre o *flavor* do produto analisado. Assim, técnicas que assegurem a importância odorífera de cada composto volátil investigado se tornam necessárias. *Sniffing*, AEDA (Aroma Extract Dilution Analysis), CHARM (Combined Hedonic Response Measurement) e OSME 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 (Thomazini & Franco, 2000).

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, R.P. **Identification of essential oil components by gás chromatography/mass spectroscopy**. Carol Stream: Allured, 1995. 469p.
- AL-ATI, T.; HOTCHKISS, J.H. Application of packaging and modified atmosphere to fresh-cut fruits and vegetables. In: LAMIKANRA, O. (Ed.). **Fresh-cut fruits and vegetables, science, technology and market**. Boca Raton: CRC, 2002. p.305-338.
- ANTONIOLLI, L. R. et al. Efeito do hipoclorito de sódio sobre a microbiota de abacaxi 'Pérola' minimamente processado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.27, n.1, p.157-160, abr. 2005.
- BALBINO, J. M. S. et al. **Cultura da batata-baroa**. Vitória: EMCAPA, 1990. 27p. (EMCAPA. Manual de Cultura, 2).
- BALDWIN, E. Fruit flavor, volatile metabolism and consumer perceptions. In: KNEE, M. **Fruit quality and its biological basis**. Boca Raton: CRC, 2002. p.89-106. Cap. 4.
- BATISTA, R.B. et al. Efeito da aplicação foliar de ácidos graxos na “Via das Lipoxigenases” de plantas de soja. **Química Nova**, v.25, n. 6, p. 914-920, 2002.
- BEAUDRY, R. Responses of horticultural commodities to low oxygen: limits to the expanded use of modified atmosphere packaging. **HortTechnology**, v.10, p.491–500, 2000.
- BEZERRA, V.S.; PEREIRA, R.G.F.A.; CARVALHO, V.D.; VILELA, E.R. Raízes de mandioca minimamente processadas: efeito do branqueamento na qualidade e na conservação. **Ciência e Agrotecnologia, Lavras**, v.26, n.3, p.564-575, maio/jul. 2002.
- BUCHANAN, B.B.; GRUISSEM, W.; JONES, R.L. **Biochemistry and molecular biogy of plants**. Mayland: American Society of Plant Physiologists, 2000. 1367 p.
- BUSTAMANTE, P. G. **Melhoramento de batata baroa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) I: biologia floral: obtenção e caracterização de clones: correlações genótípicas, fenotípicas e de ambiente**. 1994. 92 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

CANTOS, E. et al. Phenolic compounds and related enzymes are not rate-limiting in browning development of fresh-cut potatoes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.50, p.3015-3023, 2002.

CARLIN, F. et al. Microbiological spoilage of fresh ready-to-use carrots. **Science Aliments**, v.9, p.371-386, 1989.

CASTRO, H.G. de et al. **Contribuição ao estudo das plantas medicinais: metabólitos secundários**. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, 2004.113p.

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

DE MARIA, C.A.B.; MOREIRA, R.F.A. Compostos voláteis em méis florais. **Química Nova**, v.26, n.1, p.90-96, 2003.

DEFILIPPI, B.G.; DANDEKAR, A.M.; KADER, A.A. Relationship of ethylene biosynthesis to volatile production, related enzymes, and precursor availability in apple peel and flesh tissues. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 3133-3141, 2005.

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

DUDAREVA, N.; NEGRE, F. Practical applications of research into the regulation of plant volatile emission. **Current Opinion in Plant Biology**, v.8, p. 113-118, 2005.

DUDAREVA, N.; PICHERSKY, E.; GERSHENZON, J. Biochemistry of Plant Volatiles. **Plant Physiology**, v.135, p. 1893-1902, Aug. 2004.

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**. Cap. 1, São Paulo: Varela, 2003. p. 17-27.

GARRUTI, D. S. **Identificação de compostos voláteis importantes ao aroma de suco de frutas tropicais por CG-EM e CG-olfatometria**.; Franco, M. R. Cap. 7, ed. Varela: São Paulo, 2003.

HAMINIUK, C.W. I. et al. Efeito de pré-tratamentos no escurecimento das cultivares de maçã Fuji e Gala após o congelamento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.5, p.1029-1033, set./out. 2005.

- HATANAKA, A. The biogeneration of green odour by green leaves. **Phytochemistry**, v.34, n.5, p.1201-1218, 1993.
- HEIMDAL, H. et al. Biochemical changes and sensory quality of shredded and MA-packaged iceberg lettuce. **Journal Food Science**, v.60, p.1265–1268, 1276, 1995.
- HERMANN, M. **Arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft). Andean roots and tubers:** ahipa, arracacha, maca and aycon: promoting conservation and use of underutilized and neglected crops. Gatersleben: IPGRI, 1997. 172p.
- INTERNATIONAL FRESH-CUT PRODUCE ASSOCIATION. **Processamento mínimo.** 2006. Disponível em: <www.fresh-cut.org>. Acesso em: 26 jul. 2006.
- KADER, A.; ZAGORY, D.; KERBEL, E. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.28, p.1-30, 1989.
- KAYS, S.J. In: Postharvest Physiology of Perishable Plant Products, Van Nostrand-Reinhold, New York: 1991. p.532.
- LANA, M.M.; NASCIMENTO, E. F.; MELO, M.F. de. Manipulação e comercialização de hortaliças. Brasília, Embrapa – SPI/ Embrapa CNPH, 1998, 47p.
- LANA, M. M.; TIJSKENS, L. M. M.; KOOTEN, O. VAN. Effects of storage temperature and stage of ripening on RGB colour aspects of fresh-cut tomato pericarp using video image analysis. **Journal of Food Engineering**, XXX 2005.
- LANA, M. M.; TIJSKENS, L. M. M.; KOOTEN, O. VAN. Effects of storage temperature and fruit ripening of fresh cut tomatoes. **Postharvest Biology and Technology**, v.35, p.87-95, 2005.
- LEWINSOHN, E. et al. Carotenoide pigmentation affects the volatile composition of tomato and watermelon fruits, as revealed by comparative genetic analyses. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.53, p.3142-3148, 2005.
- LOPEZ-GALVEZ, G.; PEISER, G.; NIE, X. Quality changes in packaged salad products during storage. **Z. Lebensm.-Unters. Forsch.** v.205, p.64–72, 1997.
- LUENGO, R. de F. A. **Tabela de composição nutricional das hortaliças.** Brasília: Embrapa-Hortaliças, 2000. 4p. (Documentos, 26).

MACEDO, J. A. B. **Subprodutos do processo de desinfecção de água pelo uso de derivados clorados**. Juiz de Fora: [s.n.], 2001. 67p.

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 actives in cucumber. *Phytochemistry*, Baltimore, v. 67, p. 649-657, 2006.

MORAES, I.V.M. de. **Conservação de hortaliças**. Rio de Janeiro: Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro, 2006. 34p. (Dossiê Técnico).

MOREIRA, R.F.A.; TRUGO, L.C. Componentes voláteis do café torrado. Parte II. Compostos alifáticos, alicíclicos e aromáticos. **Química Nova**, v.23, n.2, p.195-203, 2000.

MORETTI, C. L.; ARAÚJO, A. L. **Processamento mínimo de mandioquinha-salsa**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2001. 8p. (Comunicado Técnico, 17).

MATHOOKO, F. Regulation of respiratory metabolism in fruits and vegetables by carbon dioxide. **Postharvest Biology Technology**, v.9, p.247-264, 1996.

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

NIEMIRA, B. A., XUETONG F., SOKORAI, K. J. B. Irradiation and modified atmosphere packaging of endive influences survival and regrowth of *Listeria monocytogenes* and product sensory qualities. **Radiation Physics and Chemistry**, Volume 72, Issue 1, p.41-48, 2003.

PEREIRA, A. S. Valor nutritivo da mandioquinha-salsa. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.19, n.190, p.11-12, 1997.

PÉREZ, A.G. et al. Aroma components and free amino acids in the strawberry variety Chandler during ripening. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.40, p.2232-2235, 1992.

PINHEIRO, N. M. S. et al. Avaliação da qualidade microbiológica de frutos minimamente processados comercializados em supermercados de Fortaleza. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.27, n.1, p.153-156, abr. 2005.

RICHARD-FORGET, F. C.; GOUPY, P. M.; NICOLAS, J.J. Cysteine as an inhibitor of enzymatic browning. 2. Kinetic studies. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.40, n.11, p.2108-2113, 1991.

RINALDI, M. M.; BENEDETTI, B. C.; CALORE, L. Efeito da embalagem e temperatura de armazenamento em repolho minimamente processado. **Ciência e Tecnologia Alimentos**, Campinas, v.25, n.3, p.480-486, jul./set. 2005.

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**. Cap. 13, São Paulo: Varela, 2003. p. 177-194.

SANTOS, H. P. dos; VALLE, R. H. P. do. Influência da sanificação sobre a qualidade de melão 'Amarelo' minimamente processado: parte II. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 5, p. 1034-1038, set./out. 2005.

SANTOS, F. F. dos et al. Cultivo da mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza*). Brasília: EMBRAPA/CNPH, 1991. 6 p. (Instruções Técnicas, 10).

SANTOS, F. F. dos et al. **Mandioquinha-salsa no agronegócio do estado do Paraná**. Curitiba: [s.n.], 2000. 56 p. (Informação Técnica, 51).

SANTOS, J. C. B.; VILAS BOAS, E. V. de B.; PRADO, M. E. T.; PINHEIRO, A.C. M. Avaliação da qualidade do abacaxi 'Pérola' minimamente processado armazenado sob atmosfera modificada. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 346-352, mar./abr., 2005.

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.

SIMÕES, C.M.O. et al. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 5.ed. Porto Alegre: UFRGS, 2003. p.404-495.

SOUZA, R. J. **Cultura da mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza*)**. Lavras: ESAL, 1992. 8 p. (Circular, v. 1, n. 1).

SUSLOW, T. Postharvest chlorination: basic properties and key points for effective disinfection. In: ANNUAL WORKSHOP FRESH-CUT PRODUCTS: MAINTAINING QUALITY AND SAFETY, 5., 1999, Davis. **Proceedings...** Davis: University of California, 1997. Section 9c, 8p.

STUMPE, M. et al. Biosynthesis of C9-aldehydes in the moss *Physcomitrella patens*. **Biochimica et Biophysica Acta**, v.1761, p.301-312, 2006.

TOIOVONEN, P. M. A. Non-ethylene, non-respiratory volatiles in harvested fruits and vegetables: their occurrence, biological activity and control. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.12, n.1, p.109-125, 1997.

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

UKUKU, D.O. Effect of hydrogen peroxide treatment on microbial quality and appearance of whole and fresh-cut melons contaminated with *Salmonella* spp. **Journal of Food Microbiology**, v.95, p.137-146, 2004.

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, MG: UFV, 2004. p.30-32.

VILAS BOAS, E.V. de B. Frutas minimamente processadas: banana. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 3., 2004. Viçosa. **Palestras, Resumos e Oficinas...** Viçosa, MG: UFV, 2004. p.111-121.

VINÃ, S. Z.; CHAVES, A.R. Antioxidant responses in minimally processed celery during refrigerated storage. **Food Chemistry**, v.94, p.68-74, 2006.

WANG, C.Y. Chilling injury and browning of fresh-cut fruits and vegetables. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 4., 2006, São Pedro, SP. **Palestras...** Piracicaba, SP: USP/ESALQ/CYTED, 2006. 258p.

WATKINS, C. Responses of horticultural commodities to high carbon dioxide as related to modified atmosphere packaging. **HortTechnology**, v.10, p.501-506, 2000.

WILEY, R.C. **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables.** London: Chapman & Hall, 1994. 357p.

YUAN, J.T.C. Modified atmosphere packaging for shelf-life extension. In: NOVAK, J.S., SAPERS, G.M.; JUNEJA, V.K. (Ed.). **The microbial safety of minimally processed foods.** Boca Raton, FL: CRC, 2003. p.205-219.

ZANIN, A.C.W.; CASALI, V.W.D. Origem e distribuição geográfica e botânica da mandioquinha-salsa. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.10, n.120, p.9-11, 1984.

ZIMMERMAN, D.C.; COUNDRON, C.A. Plant Physiology, Baltimore, v. 63, p. 636, 1979.

CAPÍTULO 2

QUALIDADE DE MANDIOQUINHA-SALSA MINIMAMENTE PROCESSADA: USO DE ATMOSFERA MODIFICADA

1 RESUMO

Nunes, Elisângela Elena. **Qualidade de mandioquinha-salsa minimamente processada: uso de atmosfera modificada**. 2007. 129 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.¹

O objetivo deste trabalho foi verificar o efeito da atmosfera modificada, passiva e ativamente, sobre a conservação de mandioquinha-salsa minimamente processada, cv. Amarela de Senador Amaral, adquirida de lavoura comercial do município de Lavras/MG. As raízes foram transportadas para o Laboratório de Pós-colheita de Frutas e Hortaliças do Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras, onde foram selecionadas, lavadas com detergente neutro e enxaguadas em água corrente. Em seguida foram imersas em solução de hipoclorito de sódio 300 mg.L⁻¹, por 15 minutos, e secas em temperatura ambiente. As raízes foram descascadas e cortadas em fatias de aproximadamente 1cm de espessura, as quais foram imersas em solução de hipoclorito de sódio 50 mg.L⁻¹ por 10 minutos, drenadas em peneiras plásticas e embaladas. As bandejas contendo as fatias de mandioquinha-salsa foram armazenadas em câmara fria (5 ± 1°C e 98% UR) por 15 dias. As análises foram realizadas de 3 em 3 dias, sendo as seguintes: pH, acidez titulável, sólidos solúveis totais, firmeza, valores L* e b*, amido e avaliação sensorial (aparência e cor). O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso (DIC), em esquema fatorial 3 x 6, sendo 3 tipos de atmosferas (passiva; ativa com injeção inicial das misturas: 2% O₂ + 10% CO₂ e 5% O₂ + 5% CO₂) e 6 tempos de armazenamento (0, 3, 6, 9, 12 e 15 dias), com 3 repetições. Os valores médios de pH, acidez titulável, sólidos solúveis e firmeza encontrados neste trabalho foram 6,79, 0,13% de ácido málico, 4,04°Brix e 5,17 N, respectivamente. A atmosfera modificada ativa (5% de O₂ + 5% CO₂) determinou maior valor L* às mandioquinhas-salsa minimamente processadas no sexto e décimo segundo dias de armazenamento quando comparada com a ativa (2% de O₂ + 10% CO₂). A atmosfera modificada ativa com 5% O₂ + 5% CO₂ determinou maiores valor b* e teores de amido às fatias de mandioquinha-salsa em comparação as outras atmosferas. Conclui-se que a atmosfera modificada passiva, aliada à refrigeração e boas práticas de fabricação, é suficiente para prolongar a vida útil de mandioquinhas-salsa minimamente processadas, preservando seus atributos de qualidade. Diante da avaliação sensorial realizada, a aparência e a cor das fatias de mandioquinha-salsa mantêm-se aceitáveis para o consumo até o final do período de armazenamento.

¹ Comitê Orientador: Eduardo Valério de Barros Vilas Boas - UFLA (Orientador); Mário César Guerreiro – UFLA; Roberta

2 ABSTRACT

Nunes, Elisângela Elena. **Quality of fresh-cut peruvian carrot: use of modified atmosphere.** 2007. 129 p. Thesis (Doctorate in Food Science) - Federal University of Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brasil.¹

The goal of this work was to verify the effect of the passive and active modified atmosphere on the conservation of fresh-cut peruvian carrot, cv. Amarela de Senador Amaral, purchased from a commercial crop of the town of Lavras, MG, Brazil. The roots were transported to the Post-harvest of Fruit and Vegetables Laboratory of the Food Science Department at Federal University of Lavras, where they were screened, washed with neutral detergent and rinsed in running water. Afterwards, they were immersed into a solution of 300 mg.L⁻¹ sodium hypochlorite for 15 minutes and dried at room temperature. The roots were peeled and cut in slices of about 1cm of thickness, which were immersed into a solution of 50 mg.L⁻¹ sodium hypochlorite for 10 minutes, drained in plastic sieves and packed. The trays containing the slices of peruvian carrot were stored in a cold room (5 ± 1°C and 98% RH) for 15 days. The analyses were performed every 3 days, as following: pH, titrable acidity, total soluble solids, firmness, L* and b* values, starch and sensorial evaluation (appearance and color). The experimental design was completely randomized (CRD) in a 3 x 6 factorial scheme, namely, 3 sorts of atmospheres (passive; active with initial injection of the mixtures: 2% O₂ + 10% CO₂ e 5% O₂ + 5% CO₂) and 6 times of storage (0, 3, 6, 9, 12 and 15 days) with 3 replicates. The average values of pH, titrable acidity, soluble solids and firmness found in this work were 6.79, 0.13% of malic acid, 4.04°Brix and 5.17 N, respectively. The active modified atmosphere (5% de O₂ + 5% CO₂) determined higher L* value to the fresh cut Peruvian carrots at the sixth and twelfth day of storage as compared with the active (2% of O₂ + 10% CO₂). The active modified atmosphere with 5% O₂ + 5% CO₂ determined higher b* values and starch contents to the slices of peruvian carrots as compared with the other atmospheres. It can be concluded that the passive modified atmosphere associated with refrigeration and good practices of manufacture is enough to extend the shelf life of fresh cut Peruvian carrots, keeping their quality attributes. In accord to the sensorial evaluation, both appearance and color of the slices of Peruvian carrots are kept acceptable for consumption until the end of the storage period.

¹ Guidance Committee: Eduardo Valério de Barros Vilas Boas - UFLA (Adviser); Mário César Guerreiro - UFLA; Roberta Hisdorf Piccoli – UFLA.

3 INTRODUÇÃO

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 evoluído rapidamente (Arruda et al., 2004).

O elevado preço de venda de mandioquinha-salsa a granel em supermercados e outros pontos de comercialização está relacionado com o fato da cultura possuir ciclo vegetativo longo, baixa produtividade em algumas regiões produtoras, além de baixa conservação pós-colheita, quando comparada com outras hortaliças. O processamento mínimo desta hortaliça, ao agregar valor ao produto, contribui ainda mais para a sua valorização (Moretti, 2000).

Apesar do consumo desta hortaliça na forma minimamente processada estar crescendo, observa-se que ainda existem fatores limitantes para sua produção, que são impostos pelo seu elevado grau de perecibilidade. Para tornar esse tipo de alimento menos perecível, destaca-se o uso da atmosfera modificada associada à refrigeração.

A atmosfera modificada é usada comercialmente para suprimir o crescimento de microrganismos e estender a vida útil de produtos vegetais e de carnes (Yuan, 2003). A atmosfera modificada pode ser passiva, em que as embalagens são seladas no ar, ou ativa, em que uma mistura definida de gases é injetada na embalagem, tipicamente com oxigênio (O₂) reduzido e dióxido de carbono (CO₂) aumentado. Para os vegetais embalados sob um ou outro sistema, não há nenhuma mistura ideal ou padrão de gás; a mistura dos gases dentro da embalagem depende da respiração do produto e da permeabilidade da embalagem (Al-Ati & Hotchkiss, 2002; Niemira et al., 2003). A principal

vantagem da atmosfera modificada ativa está na rapidez com que a atmosfera desejada é estabelecida.

Quando a atmosfera modificada é associada à refrigeração, há substancial redução no crescimento microbiano e mudanças químicas e fisiológicas podem ser retardadas (Pirovani et al., 1998). A cada produto corresponderá uma determinada atmosfera de acondicionamento específica e adequada ao mesmo e, dependente da temperatura e do período de estocagem (Darezzo, 2000). O controle da temperatura e boas condições sanitárias são imprescindíveis para o sucesso da tecnologia. Assim, tratamentos fitossanitários e processos adequados de higienização devem ser aplicados aos produtos hortícolas que serão embalados sob atmosfera modificada (Santos et al., 2005).

Além dos defeitos visuais, algumas alterações do sabor podem ser induzidas aplicando atmosfera modificada (Heimdal et al., 1995; Beaudry, 2000) e/ou pelo crescimento microbiano (Carlin et al., 1989; Lopez-Galvez et al., 1997). Por exemplo, a exposição a níveis elevados de CO₂ (10-20%) pode resultar na supressão de vários processos metabólicos. Entretanto, na presença do O₂ suficiente, a qualidade sensorial é menos afetada (Kays, 1991; Mathooko, 1996; Lopez-Galvez et al., 1997; Watkins, 2000). O desenvolvimento do *off-flavour* em vegetais minimamente processados pode também ser provocado pela falta do O₂, sendo que atmosferas anaeróbicas podem provocar metabolismo fermentativo (Kader et al., 1989; Kays, 1991; Beaudry, 2000). A severidade de produção de *off-flavour* dependerá do tempo de exposição abaixo da concentração mínima requerida de O₂ e/ou acima da concentração máxima tolerada de CO₂ (Beaudry, 2000; Watkins, 2000).

A escassez de trabalhos publicados sobre o tema atesta a necessidade de estudos sobre a conservação da mandioquinha-salsa minimamente processada e fez com que o objetivo deste trabalho fosse verificar o efeito de diferentes concentrações de CO₂ e O₂ sobre o comportamento pós-colheita deste produto minimamente processado.

4 MATERIAL E MÉTODOS

As mandioquinhas-salsa da cultivar Amarela de Senador Amaral, foram adquiridas de uma lavoura comercial do município de Lavras/MG. Depois de transportadas para o Laboratório de Pós-colheita de Frutas e Hortaliças do Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), foram selecionadas, lavadas com detergente neutro e enxaguadas em água corrente, para remoção de sujeiras do campo. Em seguida foram imersas em solução de hipoclorito de sódio 300 mg.L⁻¹ por 15 minutos e secas em temperatura ambiente. As raízes foram descascadas e cortadas em fatias de aproximadamente 1 cm de espessura, imersas em solução de hipoclorito de sódio 50 mg.L⁻¹ por 10 minutos, drenadas em peneiras plásticas, para retirada do excesso de líquido.

Feito o processamento, as fatias de mandioquinha-salsa foram acondicionadas em bandejas de polipropileno (15 x 11,5 x 4,5 cm), seladas em seladora de bandejas modelo AP340 – Tecmaq com filme de polietileno + polipropileno (60 µm de espessura), fazendo uso de injeção de gases para obtenção inicial de atmosfera modificada. Os tratamentos foram dispostos seguindo um esquema fatorial 3 x 6, sendo constituídos pelas combinações das diferentes atmosferas modificadas: atmosfera modificada passiva ou controle (sem injeção de gases); atmosferas modificadas ativas com injeção inicial das seguintes misturas comerciais de gases: 10% CO₂ + 2% O₂ e 5% CO₂ + 5% O₂. As bandejas contendo os produtos minimamente processados foram armazenadas em câmara fria (5 ± 1°C e 98% UR) por 15 dias. As análises foram realizadas a cada 3 dias, sendo as seguintes:

pH - foi medido em potenciômetro com eletrodo indicador de vidro, da marca Schott Handylab, segundo a técnica da AOAC (1992).

Acidez titulável (% de ácido málico) - foi determinada por titulação com solução padronizada de NaOH 0,01N, tendo como indicador a fenolftaleína, de acordo com o Instituto Adolfo Lutz (1985).

Sólidos solúveis (°Brix) - foram determinados por refratometria, utilizando refratômetro digital ATAGO PR-100, segundo AOAC (1992).

Firmeza (N) - foi determinada com auxílio de um analisador de textura modelo TA.XT2i, utilizando uma sonda de aço inoxidável de 2 mm de diâmetro (P/2N), que mediu a força de penetração desta na fatia, numa velocidade de 5 mm/s e numa distância máxima de penetração de 5 mm, valores estes previamente fixados. Foi utilizada uma plataforma HDP/90 como base para o texturômetro.

Valores L* e b* - foram medidos, por reflectometria, utilizando-se colorímetro marca Minolta, modelo CR 300. Onde a coordenada L* indica quão claro e quão escuro é o produto (valor zero cor preta e valor 100 cor branca) e a coordenada b* está relacionada a intensidade de azul (-70) e amarelo (+70).

Amido (g de glicose por 100 g) - A extração e hidrólise do amido foram feitas segundo a técnica citada por Arêas & Lajolo (1980). A determinação foi feita a 620 nm, seguindo-se o método de Somogy, modificado por Nelson (1994).

Análise sensorial - foram avaliadas a aparência e a cor num teste massal com 50 avaliadores não treinados. Utilizou-se escala hedônica de 5 pontos, a saber: 1- não consumível, 2- limite de consumo, 3- limite de comercialização, 4- bom e 5- excelente.

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa SISVAR (Ferreira, 2000). Após análise de variância, as médias, quando significativas, foram comparadas, pelo teste de Tukey, a 1% e 5% de probabilidade. Os modelos de regressões polinomiais foram selecionados com base na significância do teste de F de cada modelo testado e também pelo coeficiente de determinação.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis pH, acidez titulável, sólidos solúveis e firmeza da mandioquinha-salsa minimamente processada não foram afetadas significativamente pelo fator atmosfera modificada, tampouco pelo tempo de armazenamento. Os valores médios de pH, acidez titulável, sólidos solúveis e firmeza encontrados neste trabalho foram 6,79, 0,13% de ácido málico, 4,04°Brix e 5,17 N, respectivamente. Iemma (2001), avaliando o efeito da radiação gama na conservação da mandioquinha-salsa minimamente processada e embalada a vácuo, armazenadas por 28 dias a 8°C, encontrou valor médio de pH 6,50 para a mandioquinha-salsa não irradiada, valor este próximo ao observado neste trabalho.

Houve interação significativa entre os fatores atmosfera modificada e tempo de armazenamento para a variável valor L*. A atmosfera modificada ativa, com injeção inicial de 5% de O₂ + 5% CO₂ (ATM 2) determinou maior valor L* às mandioquinhos-salsa minimamente processadas no sexto e décimo segundo dias de armazenamento quando comparada com a atmosfera modificada ativa, com injeção inicial de 2% de O₂ + 10% CO₂ (ATM1) (Tabela 1), o que indica que as fatias de mandioquinha-salsa armazenadas sob aquela atmosfera apresentavam-se mais esbranquiçadas, uma vez que esta variável demonstra quão claro (maior valor L*) ou quão escuro (menor valor L*) é o produto. Nenhum efeito diferencial foi notado entre as atmosferas modificadas passiva (AMP) e ATM1, durante o período de armazenamento. Iemma (2001) obteve valor L* médio de 80,3 para as mandioquinhos-salsa minimamente processadas não irradiadas armazenadas sob refrigeração por 28 dias, conforme o observado neste trabalho.

TABELA 1 Valores médios do valor L* de mandioquinhas-salsa ‘Amarela de Senador Amaral’ minimamente processadas, armazenadas sob atmosferas modificadas ($5 \pm 1^\circ\text{C}$ e 98%) por 15 dias.

	Tempos de armazenamento (dias)					
	0	3	6	9	12	15
AMP	79,7 a	81,5 a	78,7 ab	80,4 a	81,8 b	81,7 a
ATM 1	79,7 a	82,2 a	77,6 b	80,8 a	81,6 b	82,4 a
ATM 2	79,7 a	82,5 a	79,6 a	82,8 a	84,0 a	80,2 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5%. Atmosferas modificadas passiva (AMP) e ativamente, com injeção inicial de 2% de O_2 + 10% CO_2 (ATM1) e de 5% de O_2 + 5% CO_2 (ATM 2).

Vitti et al. (2003) trabalhando com beterraba minimamente processada em diferentes espessuras de corte armazenadas a 5°C durante 10 dias e Pillon (2003) com cenouras minimamente processadas armazenadas sob ar, vácuo e atmosfera modificada e refrigeração por 21 dias, verificaram um esbranquiçamento do produto desde o início até o final do armazenamento, o que alguns autores denominam de ‘White blush’ e atestam ser resultado da desidratação das células superficiais, devido aos danos causados pelo processamento (Tatsumi et al., 1953); para outros autores o fato se deve à formação de lignina na superfície do corte (Bolin & Huxsoll, 1991) ou ambos ocorrendo concomitantemente (Cisneros-Zevallos et al., 1995). Tal fato também pode ser atribuído à formação de traumatina, conhecida como hormônio do ferimento, que esta envolvida no processo de divisão celular em resposta a ferimento (Siedow, 1991).

O valor b^* foi influenciado significativamente apenas pelo fator atmosfera modificada. A ATM2 determinou maior média de valor b^* em comparação as outras atmosferas (Tabela 2), o que indica que as mandioquinhas-salsa mantidas sob esta atmosfera apresentavam-se com coloração mais amarela.

TABELA 2 Valores médios de valor b* e amido de mandioquinhas-salsa ‘Amarela de Senador Amaral’ minimamente processadas, armazenadas sob atmosfera modificada ($5 \pm 1^\circ\text{C}$ e 98%) por 15 dias.

Tratamento	Valor b*	Amido
AMP	40,3 b	21,51 b
ATM 1	40,4 b	22,95 ab
ATM 2	42,3 a	23,33 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5%. Atmosferas modificadas passiva (AMP) e ativamente, com injeção inicial de 2% de O_2 + 10% CO_2 (ATM1) e de 5% de O_2 + 5% CO_2 (ATM 2).

Iemma (2001) observou valor b* médio de 41,5 para as mandioquinhas-salsa minimamente processadas não irradiadas e armazenada a 8°C por 28 dias, valor próximo ao encontrado neste trabalho.

A variável amido foi afetada significativamente apenas pelo fator atmosfera modificada. As mandioquinhas-salsa armazenadas sob ATM2 apresentaram maiores teores de amido, quando comparadas àquelas armazenadas sob atmosfera modificada passiva. Não foi observada diferença estatística nos teores de amido entre as atmosferas modificadas ativamente. A ATM2 reteve o teor de amido, o que é desejável, visto que a mandioquinha-salsa é uma excelente fonte de amido de boa digestibilidade. Pereira (1997), citando o valor nutricional da mandioquinha-salsa, apresentou valores médios de amido variando de 16,91-25,49 %. O valor encontrado neste trabalho está dentro da faixa observada por Pereira (1997).

Houve interação significativa entre os fatores atmosfera modificada e tempo de armazenamento para as variáveis aparência e cor das mandioquinhas-salsa minimamente processadas. As atmosferas AMP e ATM1 não diferiram entre si ao longo do armazenamento, apresentando notas de aparência superiores às dos produtos minimamente processados sob ATM2, no nono e no décimo segundo dias de armazenamento. Em relação a cor, as fatias de

mandioquinha-salsa armazenadas sob ATM1 apresentaram notas superiores às mantidas sob ATM2 no terceiro e no nono dias. Ao final do armazenamento, pôde-se observar que não ocorreu depreciação da cor e nem da aparência, estando as notas próximas do conceito “bom” (4), independentemente da atmosfera utilizada no armazenamento (Tabelas 3).

A qualidade sensorial para os produtos minimamente processados se refere, entre outros aspectos, à aparência e cor aceitáveis e atrativos, que despertem a atenção do consumidor levando-o a escolher este produto (Santos & Valle, 2005). A aparência do produto 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 (Deliza, 2000).

TABELA 3 Valores médios de aparência e cor de mandioquinhas-salsa ‘Amarela de Senador Amaral’ minimamente processadas, armazenadas sob atmosferas modificadas ($5 \pm 1^\circ\text{C}$ e 98%) por 15 dias.

	Tempo de armazenamento (dias)					
	0	3	6	9	12	15
Aparência						
AMP	4,63 a	3,81 a	3,44 a	3,81 a	3,69 a	3,94 a
ATM 1	4,63 a	4,06 a	3,88 a	3,38 a	3,81 a	3,88 a
ATM 2	4,63 a	3,68 a	4,06 a	2,44 b	3,25 b	4,19 a
Cor						
AMP	4,69 a	3,75 ab	3,44 a	4,00 a	3,50 a	3,94 a
ATM 1	4,69 a	4,25 a	3,88 a	3,50 a	3,63 a	4,00 a
ATM 2	4,69 a	3,44 b	3,94 a	2,75 b	3,13 a	4,06 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5%. Atmosferas modificadas passiva (AMP) e ativamente, com injeção inicial de 2% de O_2 + 10% CO_2 (ATM1) e de 5% de O_2 + 5% CO_2 (ATM 2).

6 CONCLUSÕES

A atmosfera modificada passiva, aliada à refrigeração e boas práticas de fabricação, é suficiente para prolongar a vida útil de mandioquinha-salsa minimamente processada, preservando os atributos de qualidade avaliados, por quinze dias.

Diante da avaliação sensorial realizada, a aparência e a cor das fatias de mandioquinha-salsa mantêm-se aceitáveis para o consumo até o final do período de armazenamento.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-ATI, T.; HOTCHKISS, J.H. Application of packaging and modified atmosphere to fresh-cut fruits and vegetables. In: LAMIKANRA, O. (Ed.). **Fresh-cut fruits and vegetables, science, technology and market**. Boca Raton: CRC, 2002. p.305-338.

ARÊAS, J.A.G.; LAJOLO, F.M. Determinação enzimática específica de amido, glicose, frutose e sacarose em bananas pré-climatéricas e climatéricas. **Anais de Farmácia e Química de São Paulo**, São Paulo, v.20, n. 1/2, p.307-318, jan./dez. 1980.

ARRUDA, M.C. et al. Conservação de melão rendilhado minimamente processado sob atmosfera modificada ativa. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.24, n.1, p.53-58, jan./mar. 2004.

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

BEAUDRY, R. Responses of horticultural commodities to low oxygen: limits to the expanded use of modified atmosphere packaging. **HortTechnology**, v.10, p.491–500, 2000.

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

CARLIN, F.; NGUYEN-THE, C.; CUDENNEC, P.; REICH. Microbiological spoilage of fresh ready-to-use carrots. **Science Aliments**, v.9, p.371–386, 1989.

CINEROS-ZEVALLOS, L.; SALTVEIT, M.E.; KROCHTA, J.M. Mechanism of surface white discoloration of peeled (minimally processed) carrots during storage. **Journal of Food Science**, v.60, n.2, p.320-324, 1995.

DAREZZO, H.M. Processamento mínimo de alface (*Lactuca sativa* L.). In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa. **Palestras...** Viçosa, MG: UFV, 2000, p.117-124.

FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do SISVAR para windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DASOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Resumos...** São Carlos, SP: UFSCar, 2000. p.235.

HEIMDAL, H. et al. Biochemical changes and sensory quality of shredded and MA-packaged iceberg lettuce. **Journal Food Science**, v.60, p.1265–1268, 1276, 1995.

IEMMA, J. **Efeito da radiação gama na conservação da mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) minimamente processada e embalada a vácuo.** 2001. 58p. Dissertação (Mestrado em Ciências)-CENA/USP, Piracicaba, SP.

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

KADER, A., ZAGORY, D.; KERBEL, E. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. **Crit. Rev. Food Sci. Nutr.**, v.28, p.1-30, 1989.

KAYS, S.J. **Postharvest physiology of perishable plant products**, Van Nostrand-Reinhold, New York: 1991. p. 532.

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

MATHOOKO, F. Regulation of respiratory metabolism in fruits and vegetables by carbon dioxide. **Postharvest Biology Technology**, v.9, p.247–264, 1996.

MORETTI, C. L.; ARAÚJO, A. L. Processamento mínimo de mandioquinha-salsa. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2001. 8 p. (Comunicado Técnico, 17)

NELSON, N. A photometric adaptation of Somogyi method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v.135, n.1, p.136-175, Jan.1994.

NIEMIRA, B. A., XUETONG F., SOKORAI, K. J. B. Irradiation and modified atmosphere packaging of endive influences survival and regrowth of *Listeria monocytogenes* and product sensory qualities. **Radiation Physics and Chemistry**, Volume 72, Issue 1, p.41-48, 2003.

PEREIRA, A.S. Valor nutritivo da mandioquinha-salsa. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.19, n.190, p.11-12, 1997.

PILLON, L. **Estabelecimento da vida útil de hortaliças minimamente processadas sob atmosfera modificada e refrigeração**. 2003. 111p. Dissertação (Mestrado)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

PIROVANI, M.E. et al. Quality of minimally processed lettuce as influenced by packaging and chemical treatment. **Journal of Food Quality**, Wasrport, v.22, p.475-484, 1998.

SANTOS, H.P. dos; VALLE, R.H.P. do. Influência da sanificação sobre a qualidade de melão 'Amarelo' minimamente processado: parte II. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.5, p.1034-1038, set./out. 2005.

SIEDOW, J. N. Plant lipoxigenase: struture and function. **Ann. Rev. Plant Physiol Plant Mol Biol**, v.42, p.145-188, 1991.

TATSUMI, Y.; WATADA, A.E.; LING, P. P. Sodium chlorine treatment or waterjet slicing effects on white tissue development of carrot sticks. **Journal of Food Science**, v.58, n.6, p.1390-1392, 1993.

VITTI, M. C.D. et al. Comportamento da beterraba minimamente processada em diferentes espessuras de corte. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.21, n.4, p.623-626, out./dez. 2003.

WATKINS, C. Responses of horticultural commodities to high carbon dioxide as related to modified atmosphere packaging. **HortTechnology**, v.10, p.501-506, 2000.

YUAN, J.T.C. Modified atmosphere packaging for shelf-life extension. In: NOVAK, J.S., SAPERS, G.M.; JUNEJA, V.K. (Ed.). **The microbial safety of minimally processed foods**. Boca Raton, FL: CRC, 2003. p.205-219.

CAPITULO 3

QUALIDADE DE MANDIOQUINHA-SALSA MINIMAMENTE PROCESSADA: AVALIAÇÃO DE DIFERENTES SANIFICANTES

1 RESUMO

Nunes, Elisângela Elena. **Qualidade de mandioquinha-salsa minimamente processada: avaliação de diferentes sanificantes.** 2007. 129 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.¹

O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência dos sanificantes hipoclorito de sódio, peróxido de hidrogênio e dicloro isocianurato de sódio aplicados antes e após o processamento mínimo de mandioquinha salsa. Foram utilizadas raízes de mandioquinha-salsa da cultivar Amarela de Senador Amaral adquiridas no comércio local. Para limpeza superficial das raízes foram utilizados detergente e água. Após, as raízes foram divididas em dois grupos: controle (não sanificado) e sanificado, por imersão em dicloro isocianurato de sódio 100 mg.L⁻¹ por 15 minutos. Em seguida foram descascadas, fatiadas em rodela e imersas nos seguintes sanificantes: hipoclorito de sódio (25, 50 e 100 mg.L⁻¹, por 10 minutos), peróxido de hidrogênio (3 e 6%, por 5 minutos) e dicloro isocianurato de sódio (50, 100 e 200 mg.L⁻¹, por 10 minutos); embaladas e armazenadas em câmara fria (5 ± 1°C e 98% UR) durante 15 dias. As análises realizadas a cada 3 dias foram pH, acidez titulável, sólidos solúveis, colimetria e pesquisa de *Salmonella* sp.. As variáveis pH, AT e SS não foram influenciadas pelos tratamentos utilizados. A presença de coliformes 45 °C e *Salmonella* sp. não foi detectada durante o armazenamento de mandioquinha-salsa minimamente processada controle ou sanificada e o foram observadas contagens baixas para coliformes 35 °C. A sanificação do produto antes do processamento e condições higiênico-sanitárias adequadas durante o processamento possibilitam a obtenção de um produto com padrão microbiológico de acordo com a legislação de alimentos, até o 15º dia de armazenamento.

¹ Comitê Orientador: Eduardo Valério de Barros Vilas Boas - UFLA (Orientador); Mário César Guerreiro – UFLA; Roberta Hildorf Piccoli – UFLA.

2 ABSTRACT

Nunes, Elisângela Elena. **Quality of fresh-cut peruvian carrot: evaluation of diferents sanitizers.** 2007. 129 p. Thesis (Doctor in Food Science) - Federal University of Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brasil.¹

The objective of this work was to evaluate the efficiency of the sanitizers sodium hypochlorite, hydrogen peroxide and sodium dichloroisocyanurate applied before and after the minimum processing of peruvian carrot. Peruvian carrots of the cultivar Amarela de Senador Amaral purchased in the local commerce were utilized. Detergent and water were used for the surface cleaning of the roots. Afterwards, the roots were divided into two groups: control (no sanitized) and sanitized, for immersion, into 100mg.L⁻¹ sodium dichloroisocyanurate for 15 minutes. Next, they were peeled, sliced into rings and immersed into the following sanitizers: sodium hypochlorite (25, 50 and 100 mg.L⁻¹ for 10 minutes), hydrogen peroxide (3 and 6%, for 5 minutes) and sodium dichloroisocyanurate (50, 100 and 200 mg.L⁻¹ for 10 minutes); packed and stored in cold chamber (5 ± 1°C and 98% RH) for 15 days. The following analyses were performed every 3 days: pH, titrable acidity, soluble solids, coliforms determination and search for *Salmonella*. The pH, AT and SS variables were not affected by the used treatments. The presence of coliforms 45°C and *Salmonella* was not detected during the storage of fresh cut peruvian carrots either control or sanitized and low counts for coliforms 35°C were found. The sanitization of the produce before processing and hygienic-sanitary conditions during processing make possible the obtaining of a produce with microbiological standard according to the food legislation until the 15th day of storage.

¹ Guidance Committee: Eduardo Valério de Barros Vilas Boas - UFLA (Adviser); Mário César Guerreiro - UFLA; Roberta Hisdorf Piccoli – UFLA.

3 INTRODUÇÃO

Os produtos minimamente processados têm vida útil limitada devido a deterioração causada por microrganismos bem como a deterioração fisiológica (Ukuku, 2004). O aumento da taxa de deterioração do produto é decorrente da transferência da microbiota da casca para os tecidos do interior, onde os microrganismos encontram condições favoráveis ao seu crescimento (Nguyen-The & Carlin, 1994; Ukuku, 2004). Torna-se imprescindível, portanto, a utilização de água de boa qualidade, bem como a higienização dos frutos e hortaliças e de equipamentos e utensílios, de forma a evitar contaminação cruzada e aumentar a segurança microbiológica dos alimentos minimamente processados (Suslow, 1997; Antonioli et al., 2005). A qualidade microbiológica dos alimentos minimamente processados está relacionada à presença de microrganismos deteriorantes que irão influenciar a qualidade sensorial do produto durante sua vida útil.

O cloro, nas suas várias formas, consiste no sanificante mais utilizado em alimentos. Os compostos à base de cloro são germicidas de amplo espectro de ação, que reagem com as proteínas da membrana das células microbianas, interferindo no transporte de nutrientes e promovendo a perda de componentes celulares (Vanetti, 2004). O hipoclorito de sódio (NaOCl) corresponde ao sanificante químico de maior utilização, em função de sua rápida ação, fácil aplicação e completa dissociação em água (Antonioli et al., 2005). Entretanto, apresenta o inconveniente de liberar trihalometanos, sub produtos potencialmente carcinogênicos, quando hidrolisados.

O dicloro isocianurato de sódio é um composto clorado orgânico comercializado na forma de pó ou comprimidos efeverscentes. Por atender a um processo específico de fabricação para uso em alimentos, não libera metais

pesados e trihalometanos, sendo seguro para o manuseio e consumo. Quando hidrolisado forma duas moléculas de ácido hipocloroso (HOCl), assim possui maior eficácia bactericida, se comparado aos outros compostos clorados, como o hipoclorito de sódio, que forma apenas uma molécula de ácido hipocloroso (Macedo, 2001).

O peróxido de hidrogênio por ser um forte oxidante elimina microrganismos, pelos danos que causa ao DNA, sendo eficiente sobre bactérias gram positivas, negativas, seus esporos, fungos e leveduras, sendo considerado um ótimo sanificante (Sapers & Simmons, 1998).

Logo, observando-se a garantia de segurança de produtos minimamente processados, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de diferentes sanificantes na manutenção da qualidade de mandioquinhas-salsa minimamente processadas armazenadas ($5 \pm 1^\circ\text{C}$ e $90 \pm 5\%$), por quinze dias.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Mandioquinhas-salsa cultivar Amarela de Senador Amaral foram adquiridas no comércio local de Lavras – MG. Inicialmente, as raízes foram selecionadas, descartando-se aquelas que apresentavam injúrias, lavadas em água corrente com detergente neutro, sanificadas em solução de dicloroisocianurato de sódio 100 mg.L^{-1} (cloro ativo 91 mg.L^{-1}) por 20 min, drenado o excesso de solução sanificante com auxílio de peneiras plásticas e secas ao ar. Em seguida, foram descascadas manualmente, fatiadas (1 cm de espessura) com auxílio de multiprocessador MASTER AT. As fatias foram imersas nas seguintes soluções: dicloroisocianurato de sódio 50 mg.L^{-1} (cloro ativo 48 mg.L^{-1}), 100 mg.L^{-1} (cloro ativo 93 mg.L^{-1}) e 200 mg.L^{-1} (cloro ativo 190 mg.L^{-1}) por 15 min; hipoclorito de sódio 25 mg.L^{-1} (cloro ativo 23 mg.L^{-1}), 50 mg.L^{-1} (cloro ativo 46 mg.L^{-1}) e 100 mg.L^{-1} (cloro ativo 97 mg.L^{-1}) por 15 min; peróxido de hidrogênio (3 e 6%) por 5 min.; controle (sem sanificação), sendo o excesso de solução sanificante removido por escoamento através de peneiras plásticas. O delineamento estatístico utilizado foi blocos casualizados (DBC), sendo realizados dois blocos. Práticas de higiene foram utilizadas para desinfecção do ambiente, facas e utensílios, utilização de luvas, máscaras e touca pelos manipuladores.

As raízes processadas foram acondicionadas em embalagens rígidas de polipropileno (15 x 11,5 x 4,5 cm). As embalagens contendo cerca de 150 g de raízes minimamente processadas foram armazenadas em câmara fria ($5 \pm 1^\circ\text{C}$ e $90 \pm 5\%$ UR) por um período de 15 dias e as amostras retiradas para análises a cada 3 dias. Sendo as seguintes:

pH - foi medido em potenciômetro com eletrodo indicador de vidro, da marca Schott Handylab, segundo a técnica da AOAC (1992).

Acidez titulável (% de ácido málico) - foi determinada por titulação com solução padronizada de NaOH 0,01N, tendo como indicador a fenolftaleína, de acordo com o Instituto Adolfo Lutz (1985).

Sólidos solúveis (°Brix) - foram determinados por refratometria, utilizando refratômetro digital ATAGO PR-100, segundo AOAC (1992).

Determinação de coliformes 35 e 45 °C - eram coletadas, assepticamente, vinte e cinco gramas de amostras, os quais eram diluídos em 225 mL de água peptonada a 0,1% estéril e, a partir desta, foram preparadas diluições seriadas. Os coliformes 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 série de três tubos, contendo tubos de Durhan e caldo lauril sulfato triptose (LST), sendo incubados a 35 °C por 24 a 48 h, considerando-se tubos positivos para coliformes 35 °C aqueles que apresentavam 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* (EC) com tubos de Durhan; os tubos foram incubados a 45 °C por 24 a 48 h, considerando-se tubos positivos para coliformes a 45 °C aqueles que apresentavam turvação e formação de gás. Utilizou-se metodologia descrita no Manual de Análises Microbiológicas de Alimentos (Silva et al., 1997). Os resultados foram expressos em $\log_{10} \cdot g^{-1}$ de mandioquinha-salsa minimamente processada.

Pesquisa de *Salmonella sp* - foi realizada em 25 g do produto minimamente processado com pré-enriquecimento, em água peptonada tamponada, com incubação a 35 °C, por 24 h, seguida de enriquecimento seletivo, em caldo tetracionato e caldo Rappaport incubados a 35 °C, por 24 h. O isolamento foi realizado em meio de cultura Ramback (Merck).

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa SISVAR (Ferreira, 2000). Após análise de variância, as médias, quando significativas, foram comparadas, pelo teste de Tukey, a 1% e 5% de probabilidade.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O pH, acidez titulável e sólidos solúveis não foram influenciados pelos fatores tempo de armazenamento e tipo de sanitizante isoladamente, tampouco pela interação entre eles. No presente estudo, encontrou-se um pH médio de 6,81, acidez titulável em média de 0,15 % de ácido málico e 4,1 °Brix , em média, de sólidos solúveis.

Não foram detectados coliformes 45 °C, bem como *Salmonella* sp nas fatias de mandioquinha-salsa controle e sanificadas, nos 15 dias de armazenamento, demonstrando a eficácia da primeira sanificação com Dicoróisocianurato de sódio 100 mg.L⁻¹ (antes do processamento) e dos cuidados higiênico-sanitários durante as etapas do processamento da mandioquinha-salsa.

Estes resultados atendem a Legislação Brasileira, ANVISA - Resolução RDC N^o12, de 2 de janeiro de 2001, do Ministério da Saúde (Brasil, 2001), que estabelece os padrões microbiológicos sanitários para alimentos. Para produtos minimamente processados ainda não existe padrões específicos. Entretanto, estes podem ser incluídos no grupo de alimentos designados como: "frutas frescas, in natura, preparadas (descascadas ou selecionadas ou fracionadas), sanificadas, refrigeradas ou congeladas, para consumo direto". A tolerância máxima para este tipo de produto é de 5×10^2 NMP.g⁻¹ ou UFC.g⁻¹ de coliformes a 45 °C e ausência de *Salmonella* sp em 25g. Portanto, os resultados microbiológicos obtidos neste trabalho apresentaram valores inferiores aos citados na legislação, caracterizando-os como um produto seguro para o consumo alimentar.

As análises microbiológicas das amostras analisadas apresentaram baixas contagens de microrganismos do grupo de coliformes a 35 °C (Tabela 1).

TABELA 1 NMP.g⁻¹ de coliformes a 35°C em mandioquinhas-salsa minimamente processadas sanificadas com diferentes sanificantes e armazenadas (5 ± 1°C e 90 ± 5%), por 15 dias.

	Tempos de armazenamento (dias)					
	0	3	6	9	12	15
Controle	1,1 x 10 ³	4,6 x 10 ²	≥2,4 x 10 ³			
Dicloro 50	9,3 x 10	4,3 x 10	2,4 x 10 ²	7,5 x 10	7,5 x 10	0,3 x 10
Dicloro 100	4,3 x 10	0,9 x 10	0,3 x 10	9,3 x 10	4,3 x 10	4,3 x 10
Dicloro 200	4,6 x 10 ²	1,5 x 10 ²	4,3 x 10	≥2,4 x 10 ³	≥2,4 x 10 ³	9,3 x 10
H ₂ O ₂ 3%	4,3 x 10	4,6 x 10 ²	9,3 x 10	2,3 x 10	1,1 x 10 ³	≥2,4 x 10 ³
H ₂ O ₂ 6%	0,4 x 10	0,9 x 10	2,3 x 10	0,7 x 10	2 x 10	2,1 x 10
Hipocl. 25	≥2,4 x 10 ³	4,3 x 10	9,3 x 10	1,1 x 10 ³	9,3 x 10	7,5 x 10
Hipocl. 50	9,3 x 10	7,5 x 10	4,6 x 10 ²	7,5 x 10	≥2,4 x 10 ³	2,1 x 10 ²
Hipocl. 100	7,5 x 10	2,3 x 10	4,3 x 10	2,1 x 10 ²	9,3 x 10	2,4 x 10 ²

Dicloro – Dicloroisocianurato de sódio (mg.L⁻¹); Hipocl. – Hipoclorito de sódio (mg.L⁻¹); H₂O₂ – Peróxido de Hidrogênio

Embora não exista na legislação padrão para coliformes a 35 °C, de forma geral, é preconizado que alimentos contendo contagens destes microrganismos da ordem de 10⁵ – 10⁶ NMP.g⁻¹ ou UFC.g⁻¹ são impróprios para o consumo humano devido à perda do valor nutricional, alterações sensoriais, riscos de deterioração e/ou presença de patógenos (Arruda et al., 2004). Estando os valores encontrados neste trabalho bem abaixo destes valores.

6 CONCLUSÃO

A presença de coliformes 45°C e *Salmonella* sp. não foi detectada durante o armazenamento nas fatias de mandioquinha-salsa minimamente processadas.

A sanificação do produto antes do processamento e condições higiênico-sanitárias adequadas durante o processamento possibilitam a obtenção de um produto com padrão microbiológico de acordo com a legislação de alimentos, até o 15º dia de armazenamento.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTONIOLLI, L. R. et al. Efeito do hipoclorito de sódio sobre a microbiota de abacaxi 'Pérola' minimamente processado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.27, n.1, p.157-160, abr. 2005.

ARRUDA, M. C. et al. Conservação de melão rendilhado minimamente processado sob atmosfera modificada ativa. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.24, n.1, p.53-58, jan./mar. 2004.

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

BRASIL. **Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001**. Aprova regulamento técnico sobre os padrões microbiológicos para alimentos. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12-01rda.htm>>. Acesso em: 20 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.

MACEDO, J. A. B. **Subprodutos do processo de desinfecção de água pelo uso de derivados clorados**. Juiz de Fora: [s.n.], 2001. 67p.

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

PINHEIRO, N.M.S. et al. Avaliação da qualidade microbiológica de frutos minimamente processados comercializados em supermercados de Fortaleza. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.27, n.1, p.153-156, abr. 2005.

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. 295p.

SUSLOW, T. Postharvest chlorination: basic properties and key points for effective disinfection. In: ANNUAL WORKSHOP FRESH-CUT PRODUCTS: MAINTAINING QUALITY AND SAFETY, 5., 1999, Davis. **Proceedings...** Davis: University of California, 1997. Section 9c, 8p.

UKUKU, D.O. Effect of hydrogen peroxide treatment on microbial quality and appearance of whole and fresh-cut melons contaminated with *Salmonella* spp. **Internacional Journal of Food Microbiology**, v.95, p.137-146, 2004.

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, MG: UFV, 2004. p.30-32.

WILEY, R.C. **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables.** London: Chapman & Hall, 1994. 357p.

CAPÍTULO 4

QUALIDADE DE MANDIOQUIA-SALSA MINIMAMENTE PROCESSADA: USO DE ANTIOXIDANTES

1 RESUMO

Nunes, Elisângela Elena. **Qualidade de mandioquinha-salsa minimamente processada: uso de antioxidantes**. 2007. 129 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.¹

Objetivou-se, neste trabalho, avaliar o efeito de diferentes antioxidantes na prevenção do escurecimento, durante o armazenamento, de mandioquinhas-salsa minimamente processadas. As raízes da cv. Amarela de Senador Amaral foram selecionadas, lavadas, sanificadas, descascadas e fatiadas. As fatias sanificadas foram imersas nos seguintes tratamentos: controle (água destilada), cisteína 0,5%, ácido ascórbico 1% e cisteína 0,5% + ácido ascórbico 1%. Em seguida, embaladas e armazenadas ($5 \pm 1^\circ\text{C}$ e 98% UR) por 15 dias. Amostras foram analisadas a cada 3 dias. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em fatorial 4 x 6, sendo 4 tratamentos químicos (controle, solução de cisteína 0,5%, solução de ácido ascórbico 1% e solução de ácido ascórbico 1% + cisteína 0,5%) e 6 períodos de armazenamento (0, 3, 6, 9, 12 e 15 dias), com 3 repetições e os resultados foram analisados estatisticamente. A mandioquinha-salsa cultivar Amarela de Senador Amaral minimamente processada apresentou uma melhor qualidade quando tratada com o antioxidante ácido ascórbico 1%, que determinou um produto com maiores valores de b^* , menores valores de a^* , maior atividade da fenilalanina amônia-liase.

¹ Comitê Orientador: Eduardo Valério de Barros Vilas Boas - UFLA (Orientador); Mário César Guerreiro – UFLA; Roberta Hisdorf Piccoli – UFLA.

2 ABSTRACT

Nunes, Elisângela Elena. **Quality of fresh-cut peruvian carrot: use of antioxidants.** 2007. 129 p. Thesis (Doctor in Food Science) - Federal University of Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brasil.¹

It was aimed in this work to evaluate the effect of different antioxidants on preventing browning during the storage of fresh-cut peruvian carrot. The roots of the cv. Amarela de Senador Amaral were screened, washed, sanitized, peeled and sliced. The sanitized slices were immersed into the following treatments: control (distilled water), 0.5% cysteine, 1% ascorbic acid, 0.5% cysteine + 1% ascorbic acid. Following, they were packed and stored ($5 \pm 1^\circ\text{C}$ and 98% RH) for 15 days. Samples were analyzed every 3 days. The experimental design was completely randomized in a factorial 4×6 , namely 4 chemical treatments (control, solution of 0.5% cysteine, solution of 1% ascorbic acid and solution of 1% ascorbic acid + 0.5% cysteine) and 6 periods of storage (0, 3, 6, 9, 12 and 15 days), with 3 replicates and the results were analyzed statistically. The fresh-cut peruvian carrot cultivar Amarela de Senador Amaral presented better quality when treated with the antioxidant ascorbic acid 1%, which determined a product with higher values b^* , lower values a^* , and higher activity of phenylalanine ammonia lyase.

¹ Guidance Committee: Eduardo Valério de Barros Vilas Boas - UFLA (Adviser); Mário César Guerreiro - UFLA; Roberta Hisdorf Piccoli – UFLA.

3 INTRODUÇÃO

A vida útil de muitas folhosas e raízes minimamente processadas tem sido estendida com sucesso (Lana et al., 2005). As reações de escurecimento são alguns dos fenômenos mais importantes que ocorrem durante o processamento da mandioquinha-salsa. Estas podem envolver diferentes compostos e proceder por diferentes vias químicas. Os principais grupos de reações que conduzem ao escurecimento são a oxidação enzimática dos fenóis, principalmente pela atividade da polifenoloxidase (PPO) e o escurecimento não enzimático (Manzocco et al., 2000). Polifenoloxidase é um termo genérico para um grupo de enzimas que catalisam a oxidação dos compostos fenólicos e produzem pigmentos escuros na superfície de frutas e hortaliças cortadas. O escurecimento leva também ao desenvolvimento de sabores desagradáveis e perdas na qualidade nutricional (Haminiuk et al., 2005).

O escurecimento é iniciado pela oxidação de compostos fenólicos pela PPO, levando inicialmente a quinonas, que rapidamente se condensam, formando pigmentos escuros insolúveis, denominados melaninas, ou reage não enzimaticamente com outros compostos fenólicos, aminoácidos e proteínas, formando também melanina. Os fatores mais importantes na evolução da taxa do escurecimento enzimático provocado pela PPO são a concentração de PPO ativa e de compostos fenólicos, o pH, a temperatura e o oxigênio disponível no tecido. A enzima peroxidase (POD) também participa do escurecimento em hortaliças minimamente processadas e está relacionada com processos de cicatrização, como, por exemplo, a lignificação (Cantos et al., 2002).

O corte e o descasque podem provocar, ainda, a ativação de mecanismos de defesa culminando na deposição de lignina e suberina nas paredes das células danificadas, possivelmente seguido da divisão celular sob o tecido suberizado para recomposição da periderme. A lignificação após o dano é uma reação

enzimática, envolvendo a atividade da fenilalanina amônia-liase em resposta ao estresse (Dixon & Paiva, 1995). A lignina é um polímero complexo formado a partir de uma mistura de fenilpropanóides simples. Muitos desses compostos são induzidos pelo dano. O ácido clorogênico, os ésteres de alquil-ferulato e outros ésteres fenólicos da parede celular podem agir diretamente como componentes de defesa ou podem ser precursores da síntese de lignina, suberina e outras barreiras polifenólicas (Dixon & Paiva, 1995).

A escassez de trabalhos publicados sobre o tema atesta a falta de estudos sobre a conservação pós-colheita de mandioquinha-salsa minimamente processada. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi verificar o efeito de diferentes antioxidantes na prevenção do escurecimento durante o armazenamento refrigerado de mandioquinhas-salsa minimamente processadas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Mandioquinhas-salsa cultivar Amarela de Senador Amaral foram adquiridas no comércio local de Lavras – MG e levadas ao Laboratório de Pós-colheita de Frutas e Hortaliças do Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras. As raízes foram selecionadas, descartando-se aquelas que apresentavam injúrias, lavadas em água corrente com detergente a fim de retirar as sujidades mais grosseiras. Em seguida foram imersas em solução de dicloroisocianurato de sódio 100 mg.L^{-1} por 20 minutos para evitar contaminação durante o processamento, drenado o excesso de solução sanitizante com auxílio de peneiras plásticas e secas ao ar.

As raízes foram descascadas manualmente, fatiadas (1 cm de espessura) com auxílio de multiprocessador, marca MASTER AT, imersas em solução de dicloroisocianurato de sódio 100 mg.L^{-1} por 15 minutos e drenadas por aproximadamente 3 minutos em escorredor doméstico. Em seguida, foram imersas nos seguintes tratamentos químicos, por 5 minutos: 1-controle (imersão em água), 2-solução de cisteína 0,5%, 3-solução de ácido ascórbico 1% e 4-solução de ácido ascórbico 1% + cisteína 0,5%. Após a retirada do excesso de água as fatias de mandioquinhas-salsa foram acondicionadas em embalagem rígida de polipropileno (15 x 11,5 x 4,5 cm), contendo cerca de 150 gramas de raízes minimamente processadas e armazenadas em câmara fria na temperatura de 5°C por 15 dias. Boas práticas de fabricação foram utilizadas para desinfecção do ambiente, facas e utensílios, utilização de Equipamentos de proteção individual (EPI) pelos manipuladores.

Os resultados foram avaliados em delineamento inteiramente casualizado (DIC) em fatorial 4 x 6, sendo 4 tratamentos químicos (controle, solução de cisteína 0,5%, solução de ácido ascórbico 1% e solução de ácido ascórbico 1% + cisteína 0,5%) e 6 períodos de armazenamento (0, 3, 6, 9, 12 e

15 dias), com 3 repetições. As análises foram realizadas a cada 3 dias, sendo as seguintes:

pH - obtido por potenciometria com eletrodo indicador de vidro, utilizando um pHmetro Schott Handylab, segundo a técnica da AOAC (1992).

Acidez titulável (% de ácido málico) - determinada por titulação com solução padronizada de NaOH 0,01N, tendo como indicador a fenolftaleína, de acordo com o Instituto Adolfo Lutz (1985).

Sólidos solúveis (°Brix) - foram determinados por refratometria, utilizando refratômetro digital ATAGO PR-100, segundo AOAC (1992).

Firmeza (N) - determinada com auxílio de um analisador de textura modelo TA.XT2i, utilizando uma sonda de aço inoxidável de 2 mm de diâmetro (P/2N), que mediu a força de penetração desta na fatia, numa velocidade de 5mm/s e numa distância máxima de penetração de 5 mm, valores estes previamente fixados. Foi utilizada uma plataforma HDP/90 como base para o texturômetro.

Pectina solúvel – extraída de acordo com a técnica de McCready & McComb (1952) e determinada espectrofotometricamente a 530 nm, segundo técnica de BlumenKrantz & Asboe-Hansen (1973).

Açúcares solúveis totais - extraídos com álcool etílico a 80% e determinados pelo método de Antrona (DISCHE, 1962). Os resultados foram expressos em g de glicose por 100g de raízes.

Valores L*, a* e b* - medidos, por reflectometria, utilizando-se colorímetro marca Minolta, modelo CR 400. Onde a coordenada L* indica quão claro e quão escuro é o produto (valor zero cor preta e valor 100 cor branca), a coordenada a* está relacionada a intensidade de verde e vermelho e a coordenada b* está relacionada a intensidade de azul (-70) e amarelo (+70).

Amido - A extração e hidrólise do amido foram feitas segundo a técnica citada por Arêas & Lajolo (1980). A determinação foi feita a 620 nm, seguindo-se o método de Somogy, modificado por Nelson (1994).

Atividade da pectinametilesterase - A extração da pectinametilesterase (PME) foi realizada segundo a técnica de Buescher & Fumanski (1978), com modificações de Vilas Boas (1995). O doseamento da PME foi feito segundo Hultin et al.(1966) e Ratner et al. (1969), com modificações de Vilas Boas (1995). Uma unidade de PME foi definida como a quantidade de enzima capaz de catalisar a desmetilação de pectina correspondente ao consumo de 1 nmol de NaOH por minuto, sob as condições do ensaio.

Atividade da poligalacturanase - A extração da poligalacturonase (PG) foi realizada segundo a técnica de Buescher & Fumanski (1978), com modificações de Vilas Boas (1995). O doseamento da PG foi realizado segundo Markovic et al. (1975), com modificações de Vilas Boas (1995). A atividade enzimática foi expressa em mg de ácido galacturônico por grama de raiz por minuto.

Análise sensorial - avaliadas a aparência e a cor conjuntamente num teste afetivo com 50 avaliadores não treinados. Utilizou-se escala hedônica de 5 pontos, em que: 1- desgostei muito; 2- desgostei; 3- não gostei/ nem desgostei; 4- gostei; 5- gostei muito.

Atividade da peroxidase – A extração e determinação da atividade enzimática foram realizadas de acordo com o método proposto por Matsumo & Uritane (1972). A atividade foi expressa em unidade por minuto por grama de tecido fresco ($U \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$), segundo o método de Teisson (1979).

Atividade da polifenoloxidase - A extração e determinação da atividade enzimática foram realizadas de acordo com o método proposto por Matsumo & Uritane (1972). A atividade foi expressa em unidade por minuto por grama de tecido fresco ($U \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$), segundo o método de Teisson (1979).

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

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa SISVAR (Ferreira, 2000). Após análise de variância, as médias, quando significativas, foram comparadas, pelo teste de Tukey, a 1% e 5% de probabilidade. Os modelos de regressões polinomiais foram selecionados com base na significância do teste de F de cada modelo testado e também pelo coeficiente de determinação.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis acidez titulável e pH foram afetadas significativamente apenas pelo tempo de armazenamento. Houve diminuição da acidez ao longo do armazenamento, este fato deve-se, possivelmente, à atividade metabólica mais acentuada das mandioquinhas-salsa minimamente processadas induzindo maior consumo de ácidos orgânicos. Os ácidos orgânicos sintetizados por meio da oxidação, decarboxilação e, em alguns casos, carboxilação de outros ácidos ou açúcares, são armazenados nos vacúolos da célula e utilizados na rota dos ácidos tricarboxílicos, durante a respiração (Kays, 1991). O pH apresentou valor inicial de 6,44 chegando a um mínimo de 6,40 no nono dia de armazenamento, sendo assim o pH variou muito pouco com o tempo, apresentando um pequeno decréscimo (Figura 1).

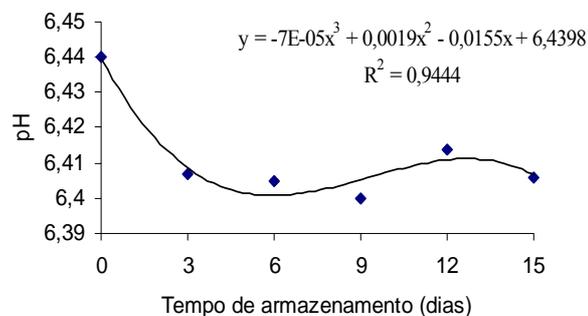
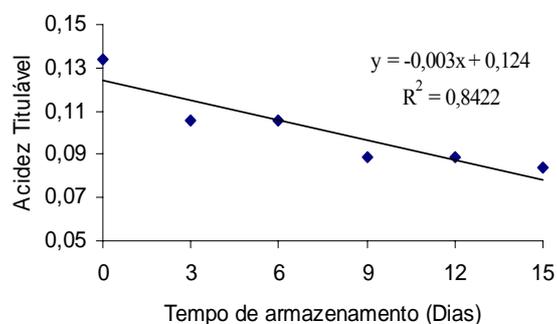


FIGURA 1 Valores médios de acidez titulável e pH de mandioquinhas-salsa minimamente processadas, tratadas com diferentes antioxidantes e armazenadas a 5°C por quinze dias.

Houve efeito interativo dos fatores estudados, sobre os valores a^* e b^* . Observaram-se aumentos no valor a^* , independentemente do tratamento químico, durante o armazenamento. O tratamento ácido ascórbico 1% foi efetivo em retardar o escurecimento e manter a qualidade visual de mandioquinhas-salsa minimamente processadas. As fatias tratadas com cisteína 0,5% e ácido ascórbico 1% + cisteína 0,5% desenvolveram coloração rósea principalmente na região vascular, o que influenciou maiores valores de a^* para ambos os

tratamentos (Tabela 1). Vilas Boas & Kader (2006), relatam que o uso de cisteína em concentrações abaixo de 0,5% e pH 7 aumenta a incidência de coloração rósea, especialmente nas áreas do sistema vascular de bananas. Segundo Richard-Forget et al. (1992), a aplicação de cisteína em vegetais fatiados pode levar à indesejável formação de pigmentos amarelos, violáceos ou róseos. Os autores sugerem que o desenvolvimento da coloração rósea em tecidos vegetais esteja associado à presença do substrato fenólico epicatequina. Os tratamentos com antioxidantes foram efetivos em retardar a partir do sexto dia de armazenamento a diminuição do valor b^* , que pode ser associada à perda parcial da coloração amarela das fatias. Nenhuma diferença foi observada, até o décimo segundo dia, entre os antioxidantes, embora no décimo quinto dia a combinação de cisteína + ácido ascórbico tenha se destacado, em comparação ao ácido ascórbico (Tabela 1). Não houve efeito dos antioxidantes e tempo de armazenamento sobre o valor L^* . Sendo observado valor médio de 78,89 para esta variável.

TABELA 1 Valores médios de valor a* de mandioquinhas-salsa minimamente processadas, tratadas com diferentes antioxidantes e armazenadas a 5°C por quinze dias.

	Dias de armazenamento					
	0	3	6	9	12	15
	Valor a*					
1	-2,60 ab	-1,52 b	-1,30 b	-1,01 b	0,97 c	1,87 b
2	-2,69 a	-1,44 b	-1,05 c	-1,02 b	0,67 b	2,38 c
3	-2,78 a	-2,33 a	-1,82 a	-1,55 a	-1,34 a	0,35 a
4	-2,38 b	-1,34 b	-1,14 ac	-1,21 b	0,99 c	2,69 d
	Valor b*					
1	48,12 a	44,37 a	34,16 b	36,07 b	36,81 b	34,30 c
2	48,21 a	45,98 a	42,09 a	40,91 a	40,63 a	39,92 ab
3	48,29 a	44,61 a	42,20 a	40,64 a	39,58 a	37,37 b
4	48,94 a	44,38 a	41,40 a	39,50 a	38,70 ab	40,73 a

1 - controle; 2 - cisteína 0,5 %; 3 - ácido ascórbico 1 %; 4 - cisteína 0,5 % + ácido ascórbico 1%. Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Houve interação significativa entre os fatores antioxidantes e tempo de armazenamento para a variável atividade da fenilalanina amônio-liase. A atividade das enzimas polifenoloxidase e peroxidase não foram afetadas pelos fatores estudados antioxidantes e tempo de armazenamento, apresentando atividades médias de 105,4 e 52,09 (U.min⁻¹.g⁻¹), respectivamente. O tratamento com ácido ascórbico 1% foi o mais efetivo em manter menor atividade da fenilalanina amônio-liase. Foi observado um esbranquiçamento na superfície fatias tratadas controle e tratadas com cisteína 0,5%. Tal fato ocorre em outros produtos minimamente processados, como cenoura e beterraba, e é denominado “white blush” por alguns pesquisadores. Enquanto para alguns grupos de pesquisadores o esbranquiçamento é resultado da desidratação das células

superficiais, devido aos danos causados pelo processamento (Tatsumi *et al.*, 1993), para outros é devido à formação de lignina na superfície dos cortes, através da ação da enzima fenilalanina amônio-liase (Bolin & Huxsoll, 1991). Para um terceiro grupo, o esbranquiçamento é causado pela combinação de dois processos, a desidratação e a formação de lignina (Cisneros-Zevallos *et al.*, 1995). A desidratação se reflete em uma mudança de cor reversível que é tanto mais acentuada quanto maior a perda de água pela cenoura, enquanto a ativação de metabolismo fenólico e a produção de lignina resultam em uma mudança de cor irreversível. Tal fato também pode ser atribuído à formação de traumatina, conhecida como hormônio do ferimento, que está envolvida no processo de divisão celular e formação de calos em resposta a ferimentos (Siedow, 1991).

Cantos *et al.* (2002) avaliaram o efeito do processamento mínimo sobre a atividade das enzimas polifenoloxidase, peroxidase e fenilalanina amônio-liase e nos compostos fenólicos de cinco cultivares de batatas e não encontraram correlação significativa entre o grau de escurecimento e quaisquer das variáveis investigadas. No presente trabalho, comportamento semelhante foi observado para a atividade da peroxidase e PFO nos tratamentos avaliados para mandioquinhas-salsa minimamente processadas.

TABELA 2 Valores médios da atividade da enzima fenilalaninamônio-liase ($\text{U}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) e valor b^* de mandioquinhas-salsa minimamente processadas, tratadas com diferentes antioxidantes e armazenadas a 5°C por quinze dias.

	Dias de armazenamento					
	0	3	6	9	12	15
	Fenilalanina amônio-liase					
1	1,12 a	3,77 b	5,04 b	7,12 a	5,59 a	6,30 a
2	1,02 a	5,62 a	6,46 a	4,13 b	5,02 b	4,60 b
3	0,62 a	1,03 d	1,17 d	0,91 d	0,66 d	0,66 d
4	1,07 a	1,98 c	2,27 c	2,17 c	2,27 c	1,77 c

1 - controle; 2 - cisteína 0,5 %; 3 - ácido ascórbico 1 %; 4 - cisteína 0,5 % + ácido ascórbico 1%. Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Os teores de amido e sólidos solúveis foram afetados significativamente apenas pelo tempo de armazenamento, não tendo sido influenciados pelo fator antioxidantes, enquanto o teor de açúcares solúveis não foi influenciado por nenhum dos fatores estudados. A variável amido apresentou valor inicial de 25,08 chegando a um máximo de 26,17 no nono dia, apresentando pequena variação ao longo do armazenamento. Os teores de amido observados no presente trabalho são semelhantes aos encontrados por Leonel & Cereda (2002) ao estudar mandioquinha-salsa (16,91 – 25,49 %). Observou-se redução significativa dos sólidos solúveis ao longo do armazenamento (Figura 2). O comportamento dos teores de sólidos solúveis no produto pode ser relacionado ao stress mecânico provocado pelo processamento mínimo e à senescência das raízes. O açúcar é consumido nos processos respiratório e fermentativo, com produção de CO_2 , água e ácidos orgânicos, respectivamente. Tais processos contribuem para a redução dos sólidos solúveis com o tempo, cujos valores estão

associados à diferença entre liberação e degradação de açúcares (Pineli et al., 2005).

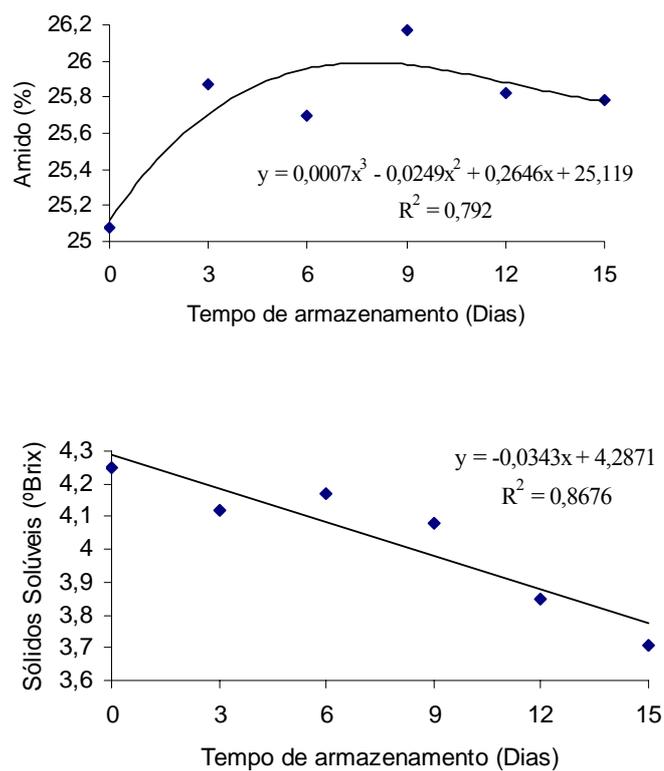


FIGURA 2 Valores médios de amido (%) e sólidos solúveis (°Brix) de mandioquinhas-salsa minimamente processadas, tratadas com diferentes antioxidantes e armazenadas a 5°C por quinze dias.

Entretando, o teor de açúcares solúveis não foi afetado pelos fatores estudados antioxidantes e tempo de armazenamento, observando-se uma média de 1,73 % para esta variável. Os valores de açúcares solúveis totais encontrados estão próximos aos encontrados por Leonel & Cereda (2002) na composição centesimal de mandioquinhas-salsa: 0,65 – 1,98 %.

Houve efeito significativo dos fatores tratamento químico e tempo de armazenamento para avaliação sensorial (aparência e cor). O tratamento com ácido ascórbico 1% determinou as melhores notas ao longo do armazenamento quando comparado com os demais tratamentos. Até o nono dia os produtos mantiveram qualidade sensorial satisfatória, quando receberam em média notas próximas a 3 que equivalem ao conceito não gostei/ nem desgostei (Tabela 3). A utilização da análise sensorial no estudo dos produtos minimamente processados tem sido aplicada e recomendada, uma vez que pode contribuir na descrição dos referidos produtos, estabelecer sua vida útil e mostrar de que forma os tratamentos aplicados refletem sobre a qualidade sensorial (Santos & Valle, 2005).

TABELA 3 Valores médios das notas para aparência e cor (avaliação sensorial) de mandioquinhas-salsa minimamente processadas, tratadas com diferentes antioxidantes e armazenadas a 5°C por quinze dias.

	Dias de armazenamento					
	0	3	6	9	12	15
	Notas					
1	4,78 a	4,24 b	3,50 b	2,78 b	1,42 b	1,26 b
2	4,82 a	4,16 b	3,56 b	2,80 b	1,60 b	1,29 b
3	4,90 a	4,48 a	3,86 a	3,24 a	2,52 a	1,88 a
4	4,88 a	3,84 c	3,58 b	2,70 b	1,40 b	1,11 b

1 - controle; 2 - cisteína 0,5 %; 3 – ácido ascórbico 1 %; 4 – cisteína 0,5 % + ácido ascórbico 1%.
 1- desgostei muito; 2- desgostei; 3- não gostei/ nem desgostei; 4- gostei; 5- gostei muito.
 Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

As variáveis pectina solúvel e firmeza foram afetadas significativamente apenas pelo tempo de armazenamento. Houve aumento na solubilização das pectinas e diminuição da firmeza (Figura 4). Não houve efeito dos antioxidantes e tempo de armazenamento sobre a atividade da poligalacturonase. A atividade média apresentada por esta enzima foi de 7,94 (U.min⁻¹.g⁻¹). Não foi detectada atividade da enzima pectinametilesterase nas fatias controle e tratadas com antioxidantes durante os 15 dias de armazenamento.

Segundo Chitarra & Chitarra (2005), o processo de solubilização das pectinas contribui para o amaciamento dos tecidos em decorrência da redução da força de coesão entre as células e que a firmeza está relacionada com a força necessária para que o produto atinja uma dada deformação, dando uma idéia das transformações na estrutura celular, da coesão das células e das alterações bioquímicas, ocorridas durante a vida útil do produto em consequência da perda de turgor celular e ou da ação de enzimas hidrolíticas da parede celular.

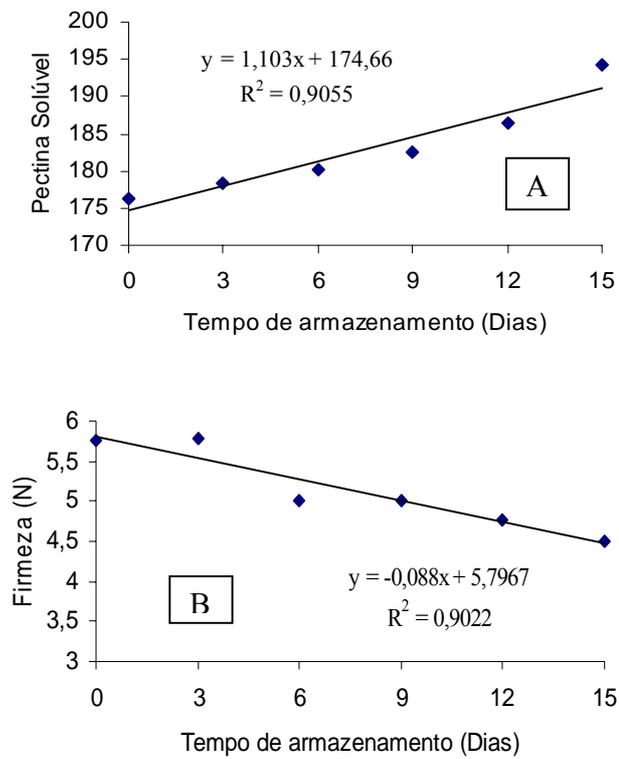


FIGURA 4 Valores médios de pectina solúvel (A) e firmeza (B) de mandioquinhas-salsa minimamente processadas, tratadas com diferentes antioxidantes e armazenadas a 5°C por quinze dias.

6 CONCLUSÕES

A mandioquinha-salsa cultivar Amarela de Senador Amaral minimamente processada apresentou uma melhor qualidade quando tratada com o antioxidante ácido ascórbico 1%, caracterizando um produto com maiores valores de b^* , menores valores de a^* , maior atividade da fenilalanina amônio-liase.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARÊAS, J.A.G.; LAJOLO, F.M. Determinação enzimática específica de amido, glicose, frutose e sacarose em bananas pré-climatéricas e climatéricas. **Anais de Farmácia e Química de São Paulo**, São Paulo, v.20, n. 1/2, p.307-318, jan./dez. 1980.

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

BOLIN, H.R; HUXSOLL, C.C. Effect of preparation and storage parameters on quality retention of salad-lettuce. **Journal of Food Science**, v.56, p.67, 1991.

CANTOS, E. et al. Phenolic compounds and related enzymes are not rate-limiting in browning development of fresh-cut potatoes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.50, p.3015-3023, 2002.

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

CINEROS-ZEVALLOS, L.; SALTVEIT, M.E.; KROCHTA, J.M. Mechanism of surface white discoloration of peeled (minimally processed) carrots during storage. **Journal of Food Science**, v.60, n.2, p. 320-324, 1995.

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

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

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. **Resumos...** São Carlos, SP: UFSCar, 2000. p.235.

HAMINIUK, C.W.I.; OLIVEIRA, C.R.G.; BAGGIO, E.C.R.; MASSON, M.L. Efeito de pré-tratamentos no escurecimento das cultivares de maçã Fuji e Gala após o congelamento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.5, p.1029-1033, set./out. 2005.

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

KAYS, S.J. **Postharvest physiology of perishable plant products**, Van Nostrand-Reinhold. New York: 1991. p.532.

LANA, M.M.; TIJSKENS, L.M.M.; KOOTEN, O. VAN. Effects of storage temperature and fruit ripening of fresh cut tomatoes. **Postharvest Biology and Technology**, v.35, p.87-95, 2005.

LEONEL, M.; CEREDA, M.P. Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.22, n.1, p.65-69, jan./abr. 2002.

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

MATSUMO, H.; URITANI, I. Physiological behavior of peroxidase enzymes in sweet potato root tissue injured by cutting or back root. *Plant and Cell Physiology*, Toquio, v.13, n.6, p.1091-1101, Sept. 1972.

McCREADY, P.M.; McCOMB, E.A. Extraction and determination of total pectic material. **Analytical Chemistry**, v.24, n.12, p.1586-1588, 1952.

NELSON, N.A. Photometric adaptation of somogyi method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v.135, n.1, p.136-175, Jan.1994.

PINELI, L.L.O. et al. Caracterização química e física de batatas 'Ágata' minimamente processadas, embaladas sob diferentes atmosferas ativas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.10, p.1035-1041, out. 2005.

RICHARD-FORGET, F. C.; GOUPY, P. M.; NICOLAS, J.J. Cysteine as an inhibitor of enzymatic browning. 2. Kinetic studies. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.40, n.11, p.2108-2113, 1992.

SANTOS, H.P. dos; VALLE, R.H.P. do. Influência da sanificação sobre a qualidade de melão 'Amarelo' minimamente processado: parte II. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.5, p.1034-1038, set./out. 2005.

SIEDOW, J.N. Plant lipoxigenase: structure and function. **Ann. Rev. Plant Physiol Plant Mol Biol**, v.42, p.145-188, 1991.

TATSUMI, Y.; WATADA, A.E.; LING, P. P. Sodium chlorine treatment or waterjet slicing effects on white tissue development of carrot sticks. **Journal of Food Science**, v.58, n.6, p.1390-1392, 1993.

TEISSON, C. L'è brunissement interne de l'ananás. I-Historique. II- Material e métodos. **Fruits**, Paris, v.34, n.4, p.245-281, 1979.

VILAS BOAS, E.V. de B.; KADER, A.A. Effect of atmospheric modification, 1-MCP and chemicals on quality of fresh-cut banana. **Postharvest Biology and Technology**, v.39, p.155-162, 2006.

CAPÍTULO 5

QUALIDADE DE MANDIOQUINHA-SALSA MINIMAMENTE PROCESSADA: EFEITO DE DIFERENTES TEMPERATURAS

1 RESUMO

Nunes, Elisângela Elena. **Qualidade de mandioquinha-salsa minimamente processada: efeito de diferentes temperaturas.** 2007. 129 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.¹

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a vida útil pós-colheita de mandioquinhas-salsa cultivar Amarela de Senador Amaral minimamente processadas, armazenadas sob três temperaturas de armazenamento. As raízes foram descascadas manualmente, fatiadas (1 cm de espessura), com auxílio de multiprocessador MASTER AT, imersas em solução de dicloro isocianurato de sódio 100 mg.L⁻¹ por 15 minutos and acondicionadas em embalagem rígida de polipropileno (15 x 11,5 x 4,5 cm). As embalagens, contendo cerca de 150 gramas de raízes minimamente processadas, foram armazenadas em câmaras frias nas temperaturas de 0 ± 1°C, 5 ± 1°C e 10 ± 1°C por um período de 15 dias. As análises foram realizadas a cada 3 dias. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em fatorial 3 x 6, sendo 3 temperaturas de armazenamento (0°C, 5°C e 10°C) e 6 períodos de armazenamento (0, 3, 6, 9, 12 e 15 dias), com 3 repetições. O armazenamento da mandioquinha-salsa minimamente processada a temperatura de 0°C determinou maiores valores de L* e b* , menores valores de a*, menor atividade da peroxidase, polifenoxidase, poligalacturonase, solubilização péctica e taxa respiratória, sendo a temperatura mais indicada para o armazenamento da mandioquinha-salsa ‘Amarela de Senador Amaral’ minimamente processada.

¹ Comitê Orientador: Eduardo Valério de Barros Vilas Boas - UFLA (Orientador); Mário César Guerreiro – UFLA; Roberta Hilsdorf Piccoli – UFLA.

2 ABSTRACT

Nunes, Elisângela Elena. **Quality of fresh-cut peruvian carrot: effect of diferents temperatures.** 2007. 129 p. Thesis (Doctor in Food Science) - Federal University of Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brasil.¹

The objective of the present work was to evaluate the shelf life of fresh-cut peruvian carrots cultivar Amarela de Senador Amaral, stored under three temperatures of storage. The roots were peeled manually, sliced (1 cm thick) with the aid of a MASTER AT multiprocessor, immersed in a solution of sodium dichloroisocyanurate 100 mg.L⁻¹ for 15 minutes and packed in rigid polypropylene package (15 x 11.5 x 4.5 cm). The packages containing around 150 grams of fresh cut roots were stored in cold chambers at $0 \pm 1^\circ\text{C}$, $5 \pm 1^\circ\text{C}$ and $10 \pm 1^\circ\text{C}$ for 15 days. The analyses were performed every 3 days. The experimental design was completely randomized in a 3 x 6 factorial, namely 3 temperature of storage (0°C, 5°C and 10°C) and 6 periods of storage (0, 3, 6, 9, 12 and 15 days) with three replicates. The storage of the fresh cut peruvian carrot at 0°C determined higher L* and b* values, lower a* values, lower peroxidase, polyphenoloxidase and polygalacturonase activity, pectic solubilization and respiration rate. That temperature was the most proper for the storage of the fresh-cut peruvian carrot 'Amarela de Senador Amaral'.

¹ Guidance Committee: Eduardo Valério de Barros Vilas Boas - UFLA (Adviser); Mário César Guerreiro - UFLA; Roberta Hisdorf Piccoli – UFLA.

3 INTRODUÇÃO

A mandioquinha-salsa é um produto com vida de prateleira e preço de venda ao consumidor relativamente elevado, geralmente acima de R\$ 1,00.Kg⁻¹. A oferta da mandioquinha-salsa em formas alternativas ao produto comum (raízes a granel, sem refrigeração) no varejo é muito vantajosa porque atende a diferentes segmentos de mercado e pode reduzir perdas pós-colheita. Raízes embaladas ou minimamente processadas mantidas sob refrigeração são formas de apresentação no varejo que agregam valor ao produto e que também podem aumentar a sua vida de prateleira, desde que mantidas sob cadeia de frio em condições adequadas de temperatura (Henz & Reifschneider, 2005).

Os produtos minimamente processados devem ser armazenados sob temperatura adequada, sendo este fator importante no retardamento da perda de qualidade, na alteração da composição da atmosfera modificada ao redor do produto, na perda das características nutricionais, na minimização da contaminação microbiológica, bem como na manutenção da qualidade sensorial dos mesmos. Portanto, é essencial que estes produtos sejam mantidos em refrigeração, a fim de prover a manutenção e prolongamento do tempo de estocagem, minimizando as injúrias provocadas pelo processamento (Brecht et al., 2003; Sarantópoulos et al., 2003; Silva et al., 2003). Os produtos minimamente processados geralmente são mais perecíveis que os que lhes deram origem e, por isso, devem ser mantidos a baixas temperaturas, sendo 0°C considerada ideal. Entretanto, por razões econômicas, são utilizadas temperaturas ao redor de 5 a 10°C, acelerando assim o processo de deterioração dos mesmos em comparação a 0°C (Schlimme et al., 1995; Rinaldi et al., 2005). Uma das técnicas mais eficientes para aumentar a durabilidade de hortaliças é o seu armazenamento sob baixa temperatura. A temperatura diminui

a taxa de respiração, a perda de água e retarda o amadurecimento de vegetais (Lana et al., 1998).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a vida útil pós-colheita de mandioquinhas-salsa minimamente processadas, sob três temperaturas de armazenamento, buscando adequar uma melhor temperatura de armazenamento.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Mandioquinhas-salsa cultivar Amarela de Senador Amaral foram adquiridas no comércio local de Lavras – MG e transportadas para o Laboratório de Pós-colheita de Frutas e Hortaliças do Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras. As raízes foram selecionadas, descartando-se aquelas que apresentavam injúrias, lavadas em água corrente com detergente, sendo em seguida imersas em solução de dicloro isocianurato de sódio 100 mg.L^{-1} por 20 minutos, drenado o excesso de solução sanitificante com auxílio de peneiras plásticas e secas ao ar.

As etapas do processamento constaram de: a) Corte: as raízes foram descascadas manualmente, fatiadas (1 cm de espessura) com auxílio de multiprocessador MASTER AT; b) Sanificação: as fatias foram imersas em solução de dicloro isocianurato de sódio 100 mg.L^{-1} por 15 minutos; c) Eliminação do excesso de água: as fatias foram drenadas por aproximadamente 3 minutos em escorredor doméstico; d) Embalagem: após a retirada do excesso de água as fatias de mandioquinhas-salsa foram acondicionadas em embalagem rígida de polipropileno (15 x 11,5 x 4,5 cm) e e) Armazenamento: as embalagens, contendo cerca de 150 gramas de minimamente processadas, foram armazenadas em câmaras frias nas temperaturas de $0 \pm 1^\circ\text{C}$, $5 \pm 1^\circ\text{C}$ e $10 \pm 1^\circ\text{C}$ por um período de 15 dias. Práticas de higiene foram utilizadas para desinfecção do ambiente, facas e utensílios, utilização de equipamentos de proteção individual pelos manipuladores.

Os resultados foram avaliados estatisticamente por meio do delineamento inteiramente casualizado em fatorial 3 x 6, sendo 3 temperaturas de armazenamento (0°C , 5°C e 10°C) e 6 períodos de armazenamento (0, 3, 6, 9, 12 e 15 dias), com 3 repetições. As análises foram realizadas a cada 3 dias, sendo as seguintes:

pH - obtido por potenciometria em eletrodo de vidro, utilizando um pHmetro Schott Handylab, segundo a técnica da AOAC (1992).

Acidez titulável - determinada por titulação com solução padronizada de NaOH 0,01N, tendo como indicador a fenolftaleína, de acordo com o Instituto Adolfo Lutz (1985). Resultados expressos em % de ácido málico.

Sólidos solúveis - determinados por refratometria, utilizando refratômetro digital ATAGO PR-100, e expressos em °Brix, segundo AOAC (1992).

Açúcares solúveis totais - extraídos com álcool etílico a 80% e determinados pelo método de Antrona (DISCHE, 1962). Os resultados foram expressos em g de glicose por 100g de raízes.

Amido - A extração e hidrólise do amido foram feitas segundo a técnica citada por Arêas & Lajolo (1980). A determinação foi feita a 620 nm, seguindo-se o método de Somogy, modificado por Nelson (1994).

Firmeza - determinada com auxílio de um analisador de textura modelo TA.XT2i, utilizando uma sonda de aço inoxidável de 2mm de diâmetro (P/2N), que mediu a força de penetração desta na fatia, numa velocidade de 5mm/s e numa distância máxima de penetração de 5 mm, valores estes previamente fixados. Foi utilizada uma plataforma HDP/90 como base para o texturômetro. A firmeza foi expressa em Newtons (N).

Pectina solúvel – extraída de acordo com a técnica de McCready & McComb (1952) e determinada espectrofotometricamente a 530 nm, segundo técnica de BlumenKrantz & Asboe-Hansen (1973).

Atividade da pectinametilesterase - A extração da pectinametilesterase (PME) foi realizada segundo a técnica de Buescher & Fumanski (1978), com modificações de Vilas Boas (1995). O doseamento da PME foi feito segundo Hultin et al.(1966) e Ratner et al. (1969), com modificações de vilas Boas (1995). Uma unidade de PME foi definida como a quantidade de enzima capaz de catalisar a desmetilação de pectina correspondente ao consumo de 1 nmol de NaOH por minuto, sob as condições do ensaio.

Atividade da poligalacturanase - A extração da poligalacturonase (PG) foi realizada segundo a técnica de Buescher & Fumanski (1978), com modificações de Vilas Boas (1995). O doseamento da PG foi realizado segundo Markovic et al. (1975), com modificações de Vilas Boas (1995). A atividade enzimática foi expressa em nm de ácido galacturônico por grama de raiz por minuto.

Valores L*, a* e b* - foram medidos, por reflectometria, utilizando-se colorímetro marca Minolta, modelo CR 300 (Hunter, 1975). Onde a coordenada L* indica quão claro e quão escuro é o produto (valor zero cor preta e valor 100 cor branca), a coordenada a* está relacionada a intensidade de verde (-50) e vermelho (+100) e a coordenada b* está relacionada a intensidade de azul (-70) e amarelo (+70).

Atividade da peroxidase - a extração e determinação da atividade enzimática foram realizadas de acordo com o método proposto por Matsumo & Uritane (1972). A atividade expressa em unidade por minuto por grama de tecido fresco ($\text{U} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$), segundo o método de Teisson (1979).

Atividade da polifenoloxidase - a extração e determinação da atividade enzimática foram realizadas de acordo com o método proposto por Matsumo & Uritane (1972). A atividade expressa em unidade por minuto por grama de tecido fresco ($\text{U} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$), segundo o método de Teisson (1979).

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

Taxa respiratória – Os recipientes de vidro foram fechados por 1 hora, com tampa plástica, contendo septo de silicone, por onde eram retiradas alíquotas da atmosfera interna, com auxílio do analisador de gases PBI Dansensor. Os resultados, expressos em % de CO_2 , foram convertidos em $\text{mL CO}_2 \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, levando-se em consideração o volume do recipiente, a massa e o volume dos

frutos em cada recipiente e o tempo que esse mesmo recipiente permaneceu fechado.

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa SISVAR (Ferreira, 2000). Após a análise de variância, as médias, quando significativas, foram comparadas, pelo teste de Tukey, a 1% e 5% de probabilidade. Os modelos de regressões polinomiais foram selecionados com base na significância do teste de F de cada modelo testado e também pelo coeficiente de determinação.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis acidez titulável e sólidos solúveis foram influenciadas significativamente apenas pelo tempo de armazenamento, enquanto o pH não foi influenciado por nenhum dos fatores estudados, sendo observados um valor médio de 6,405 para esta variável. Houve um acréscimo nos teores de acidez titulável a partir do sexto dia, independentemente da temperatura de armazenamento. Segundo Roura et al. (2000), logo após o processamento mínimo, o tecido vegetal apresenta uma respiração maior, levando a um decréscimo da acidez no início do armazenamento, devido ao consumo dos ácidos orgânicos (substâncias de reserva) no processo respiratório. O aumento na acidez de produtos armazenados por curtos períodos de armazenamento pode ser explicado pela geração de radicais (ácidos galacturônicos) a partir da hidrólise dos constituintes da parede celular, em especial, as pectinas (Senter et al., 1991) (Figura 1). Os teores de sólidos solúveis aumentaram até o terceiro dia de armazenamento, declinando, em seguida, até o final do armazenamento. O aumento ocorrido no terceiro dia de armazenamento pode estar relacionado com possíveis reações bioquímicas na parede celular. A redução dos sólidos solúveis pode ter sido influenciada pelo aumento da taxa respiratória do produto, utilizando as reservas existentes nas células (Figura 1).

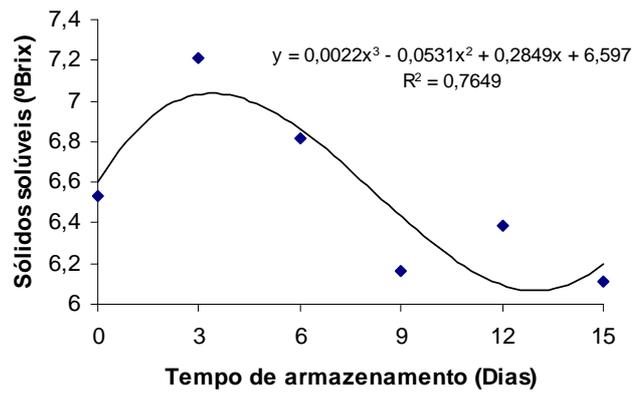
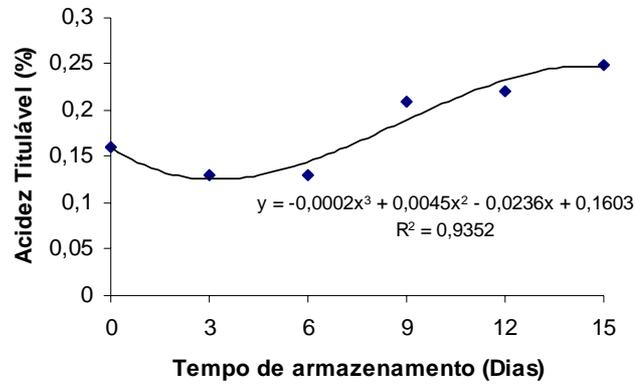


FIGURA 1 Valores médios de acidez titulável e sólidos solúveis de mandioquinhas-salsa minimamente processadas armazenadas em diferentes temperaturas ($0 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$, $5 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ e $10 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$), por quinze dias.

A variável açúcares solúveis foi influenciada significativamente apenas pelo fator de tempo de armazenamento. Não houve efeito das temperaturas e tempo de armazenamento sobre os teores de amido. Sendo observado valor médio de 25,60 para esta variável. Os teores de açúcares totais declinaram ao longo do armazenamento a partir do terceiro dia de armazenamento, comportamento semelhante ao dos sólidos solúveis, uma vez que são carboidratos de baixo peso molecular, componentes dos sólidos solúveis, responsáveis diretos pela determinação do sabor doce de frutos e hortaliças (Figura 2) (Santos et al., 2005).

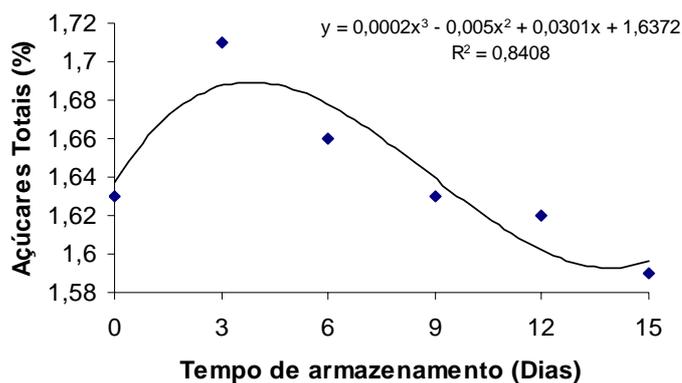


FIGURA 2 Valores médios de açúcares solúveis totais de mandioquinhas-salsa minimamente processadas armazenadas em diferentes temperaturas ($0 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$, $5 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ e $10 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$), por quinze dias.

Foi observado efeito interativo dos fatores temperaturas e tempo de armazenamento para as variáveis poligalacturonase e pectina solúvel. As fatias armazenadas à 0 °C apresentaram menor atividade da poligalacturonase e solubilização péctica quando comparadas as fatias armazenadas à 5 e 10°C (Tabela 1). Não foi detectada atividade da PME nas fatias durante o armazenamento em nenhuma temperatura.

A taxa de amaciamento após o processamento depende de alguns fatores como o produto, o processamento e as condições de armazenamento. O estágio de maturação do produto na colheita e processamento é particularmente importante, ambos afetam a qualidade pós-colheita e vida-de-prateleira do produto. Equivalentemente importante é a temperatura em que cada produto processado é armazenado, pois muitas reações são bioquímicas e, portanto dependentes da temperatura (Lana et al., 2005). No presente trabalho não ocorreu amaciamento dos tecidos uma vez que a firmeza não foi afetada por nenhum dos fatores estudados e foi observado um valor médio de 4,92 N.

TABELA 1 Atividades médias de poligalacturonase e pectina solúvel de mandioquinhas-salsa minimamente processadas, armazenadas em diferentes temperaturas (0 ± 1 °C, 5 ± 1 °C e 10 ± 1 °C), por quinze dias.

Dias de armazenamento						
	0	3	6	9	12	15
Poligalacturonase						
0 °C	8,10 a	8,00 b	7,72 b	8,00 c	8,46 c	8,53 c
5 °C	8,15 a	8,39 a	8,60 a	9,02 b	8,99 b	8,86 b
10 °C	8,08 a	8,33 a	8,61 a	9,34 a	9,28 a	9,25 a
Pectina Solúvel						
0 °C	155,27 a	181,30 b	192,23 c	242,67 c	249,93 c	253,37 b
5 °C	159,10 a	206,43 a	213,33 b	268,17 b	265,20 b	278,10 a
10 °C	158,10 a	200,73 a	236,03 a	286,73 a	291,73 a	290,60 a

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Os valores L^* , a^* e b^* dizem respeito à coloração do produto. Houve interação significativa entre os fatores tempo de armazenamento e temperatura de armazenamento para os valores L^* , a^* e b^* . No sexto dia de armazenamento as fatias armazenadas a 10°C, apresentavam-se mais escuras que as armazenadas a 0°C, uma vez que apresentaram os menores valores de L^* e os maiores valores de a^* . O valor L^* é um indicador útil de escurecimento durante o armazenamento, resultante de reações de escurecimento oxidativo ou aumento da concentração de pigmentos. Segundo Haminiuk et al. (2005), uma diminuição no valor L^* e um aumento no valor de a^* são indicativos de escurecimento. A temperatura de 0 °C foi efetiva em retardar a redução do valor b^* em comparação a 5 e 10 °C, ao longo do armazenamento. Logo, as fatias de mandioquinha-salsa armazenadas a 0 °C apresentavam coloração mais amarela (Tabela 2).

TABELA 2 Valores médios de valor L*, a* e b* de mandioquinhas-salsa minimamente processadas, armazenadas em diferentes temperaturas (0 ± 1 °C, 5 ± 1 °C e 10 ± 1 °C), por quinze dias.

Dias de armazenamento						
	0	3	6	9	12	15
Valor L*						
0 °C	79,88 a	81,33 a	80,48 a	81,23 a	81,68 a	80,54 a
5 °C	79,88 a	80,71 a	80,13 ab	79,23 b	78,50 b	77,65 b
10 °C	79,88 a	80,68 a	78,73 b	77,89 b	76,69 c	71,54 c
Valor a*						
0 °C	-1,84 a	-1,37 a	-1,13 a	-0,36 b	0,31 c	0,58 c
5 °C	-1,84 a	-1,31 a	-1,16 a	-0,34 b	1,01 b	2,28 b
10 °C	-1,84 a	-1,06 a	-0,03 b	1,93 a	3,80 a	4,66 a
Valor b*						
0 °C	42,93 a	38,50 a	36,37 a	35,94 a	34,88 a	35,18 a
5 °C	42,93 a	37,19 ab	33,51 b	32,46 b	31,94 b	32,14 b
10 °C	42,93 a	35,13 b	31,77 b	31,09 b	32,77 b	31,49 b

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

A atividade das enzimas peroxidase e fenilalaninamônio-liase foi afetada significativamente pelos fatores temperatura e tempo de armazenamento. A temperatura de 0°C foi efetiva em retardar a atividade da peroxidase, seguida da temperatura de 5°C e 10 °C. Determinou, ainda, acréscimo na atividade da fenilalaninamônio-liase das fatias armazenadas sob esta temperatura em comparação às armazenadas a 5 e 10°C (Tabela 3). A enzima peroxidase participa do escurecimento em hortaliças minimamente processadas e está relacionada com processos de cicatrização juntamente com a fenilalanina-amonoliase como, por exemplo, a lignificação (Cantos et al., 2002). A lignina é

um polímero complexo formado a partir de uma mistura de fenilpropanóides simples. Muitos desses compostos são induzidos pelo dano, como por exemplo o dano causado pelo frio. O ácido clorogênico, os ésteres de alquil ferulato e outros ésteres fenólicos de parede celular podem agir diretamente como componentes de defesa ou podem ser precursores da síntese de lignina, suberina e outras barreiras polifenólicas (Dixon & Paiva, 1995).

TABELA 3 Atividades médias de peroxidase ($U \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$) e fenilalaninamônio-liase de mandioquinhas-salsa minimamente processadas, armazenadas em diferentes temperaturas ($0 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$, $5 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ e $10 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$), por quinze dias.

Dias de armazenamento						
	0	3	6	9	12	15
Peroxidase						
0 °C	78,35 a	77,93 c	97,27 c	105,34 c	126,31 c	129,80 c
5 °C	82,47 a	105,17 b	119,41 b	157,29 b	191,17 b	198,76 b
10 °C	77,56 a	139,61 a	150,34 a	190,67 a	205,51 a	223,45 a
Fenilalaninamônio-liase						
0 °C	1,62 a	3,77 a	5,04 a	7,03 a	5,57 a	6,30 a
5 °C	1,08 a	0,91 b	0,85 b	0,92 b	0,83 b	0,81 b
10 °C	0,96 a	0,83 b	0,82 b	0,71 b	0,69 b	0,64 b

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Atividade da polifenoloxidase (PFO) foi afetada significativamente pelo tempo de armazenamento e temperatura, isoladamente. Ao longo do armazenamento houve um incremento na atividade da PFO (Figura 3). A temperatura de 0°C determinou as menores médias de atividade da PFO (51,76) quando comparada com 5 °C (69,86) e 10°C (77,06).

O escurecimento enzimático requer quatro diferentes componentes: oxigênio, enzimas, cobre e substrato. A enzima mais importante em frutos e hortaliças minimamente processadas é a polifenoloxidase. Os fatores que influenciam tal escurecimento em frutos e hortaliças são a concentração da PFO, componentes fenólicos presentes, pH, temperatura e disponibilidade de O₂ nos tecidos (Laurila et al., 1998).

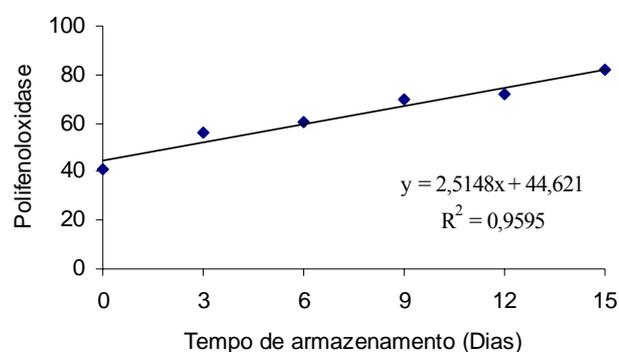


FIGURA 3 Valores médios da atividade (U.min⁻¹.g⁻¹) da polifenoloxidase de mandioquinhas-salsa minimamente processadas armazenadas em diferentes temperaturas (0 ± 1 °C, 5 ± 1 °C e 10 ± 1 °C), por quinze dias.

A taxa respiratória das fatias de mandioquinha-salsa foi influenciada, significativamente, pela interação entre os fatores temperatura e tempo de armazenamento. Até o 3º dia de armazenamento não houve diferença estatística no comportamento respiratório das fatias de mandioquinha-salsa armazenadas a 0 ± 1 °C, 5 ± 1 °C e 10 ± 1 °C. A partir do 6º dia até o final do armazenamento as fatias armazenadas à temperatura de 0°C apresentaram menores valores de taxa respiratória do que as armazenadas sob 5 ± 1 °C e 10 ± 1 °C (Tabela 4). A

temperatura é um dos fatores de maior influência na respiração, havendo um valor ideal para a manutenção de cada tipo de produto vegetal, para que esse alcance um máximo de qualidade comestível. A atividade respiratória é reduzida pelo uso de baixas temperaturas (Chitarra & Chitarra, 2005).

TABELA 4 Valores médios de taxa respiratória ($\text{mLCO}_2\cdot\text{Kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$) de mandioquinhas-salsa minimamente processadas, armazenadas em diferentes temperaturas ($0 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$, $5 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ e $10 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$), por quinze dias.

	Dias de armazenamento					
	0	3	6	9	12	15
	Taxa Respiratória					
0 °C	7,37 a	8,93 a	21,02 a	19,67 a	16,33 a	11,98 a
5 °C	8,68 a	9,90 a	28,75 b	34,55 b	28,90 b	16,15 b
10 °C	8,48 a	10,27 a	44,25 c	34,63 b	30,15 b	16,76 b

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

6 CONCLUSÕES

A mandioquinha-salsa ‘Amarela de Senador Amaral’ minimamente processada quando armazenada 0°C apresenta uma melhor qualidade, caracterizada por maiores valores de L* e b* , menores valores de a*, menor atividade da peroxidase, polifenoloxidase, poligalacturonase, solubilização pécica e taxa respiratória.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARÊAS, J. A. G.; LAJOLO, F. M. Determinação enzimática específica de amido, glicose, frutose e sacarose em bananas pré-climatéricas e climatéricas. **Anais de Farmácia e Química de São Paulo**, São Paulo, v.20, n. 1/2, p.307-318, jan./dez. 1980.

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

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

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

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR para windows versão 4.0. IN: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DASOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Resumos...** São Carlos, SP: UFSCar, 2000. p.235.

HAMINIUK, C. W. I.; OLIVEIRA, C. R.G.; BAGGIO, E. C. R.; MASSON, M. L. Efeito de pré-tratamentos no escurecimento das cultivares de maçã Fuji e Gala após o congelamento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 5, p. 1029-1033, set./out., 2005.

HENZ, G.P.; REIFSCHNEIDER, F.J.B. Formas de apresentação e embalagens de mandioquinha-salsa no varejo brasileiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.1, p.61-67, 2005.

HUNTER, R. S.. **The measurements of appearance**. New York: Jhon Wiley and Son, 1975.

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.; TIJSKENS, L.M.M.; KOOTEN, O.VAN. Effects of storage temperature and fruit ripening on firmness of fresh cut tomatoes. **Phostharvest Biology and Tecnology**, 35, p.87-95, 2005.

LANA, M.M.; NASCIMENTO, E. F.; MELO, M.F. de. **Manipulação e comercialização de hortaliças**. Brasília, Embrapa – SPI/ Embrapa CNPH, 1998, 47p.

LAURILA, E.; KERVINEN, R.; AHVENAINEN, R. The inhibition of enzymatic browning in minimally processed vegetables and fruits. **Postharvest News and Information**, Nallingford, v.9, n.4, p. 53-65, Aug. 1998.

McCREADY, P.M.; McCOMB, E.A. Extraction and determination of total pectic material. **Analytical Chemistry**, v.24, n.12, p.1586-1588, 1952.

MATSUMO, H.; URITANI, I. Physiological behavior of peroxidase enzymes in sweet potato root tissue injured by cutting or back root. **Plant and Cell Physiology**, Toquio, v.13, n.6, p.1091-1101, Sept. 1972.

NELSON, N.A photometric adaptation of Somogyi method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v. 135, n.1, p.136-175, Jan.1944

RINALDI, M. M.; BENEDETTI, B. C.; CALORE, L. Efeito da embalagem e temperatura de armazenamento em repolho minimamente processado. **Ciênc. Tecnol. Alimen.**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 480-486, jul.-set. 2005.

ROURA, S. I.; DAVIDOVICH, L. A.; DEL VALLE, C. E. Quality loss in minimally processed swiss related to amount of damage area. **Lebensm-Wiss und Technology**, v.23, n.1, p.53-59, 2000.

SANTOS, J. C. B.; VILAS BOAS, E. V. de B.; PRADO, M. E. T.; PINHEIRO, A.C. M. Avaliação da QUALIDADE DO ABACAXI 'Pérola' minimamente processado armazenado sob atmosfera modificada. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 346-352, mar./abr., 2005.

SENDER, S.D.; CHAPMAN, G. W.; FORBUS, W. R.; PAYNE, J. A. Sugar and non-volatile acid composition of persimmons during maturation. **Journal of Food Science**, Chicago, n.56, p. 980-991, 1991.

TEISSON, C. Lê brunissement interne de l'ananás. I-Historique. II- Material e métodos. **Fruits**, Paris, v.34, n.4, p.245-281, 1979.

CAPÍTULO 6

QUALIDADE DE MANDIOQUINHA-SALSA MINIMAMENTE PROCESSADA: PERFIL DE COMPOSTOS VOLÁTEIS

1 RESUMO

Nunes, Elisângela Elena. **Qualidade de mandioquinha-salsa minimamente processada: perfil de compostos voláteis**. 2007. 129 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.¹

O objetivo deste trabalho foi verificar a variação do perfil de compostos voláteis de mandioquinha-salsa minimamente processada, durante o armazenamento a 5°C por 15 dias. Os compostos voláteis foram isolados pela técnica de hidrodestilação em aparelho de Clevenger modificado, quantificados por cromatografia gasosa, identificados por espectrometria de massas e índices de Kovats e avaliados por olfatométrica pela técnica do *sniffing*. Pode-se concluir que o composto de caráter-impacto da mandioquinha-salsa minimamente processada é o 2-acetil-1-pirrolina e a substância 2,9-heptadecadieno-4,6-diin-8-ol, o componente volátil majoritário, sendo que o seu perfil volátil sofre modificações ao longo do armazenamento.

¹ Comitê Orientador: Eduardo Valério de Barros Vilas Boas - UFLA (Orientador); Mário César Guerreiro – UFLA; Roberta Hilsdorf Piccoli – UFLA.

2 ABSTRACT

Nunes, Elisângela Elena. **Quality of fresh-cut peruvian carrot: volatile compounds profile.** 2007. 129 p. Thesis (Doctor in Food Science) - Federal University of Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brasil.¹

The goal of this work was to verify the variation of the volatile compounds profile of fresh-cut peruvian carrot, during the storage at 5 °C for 15 days. The volatile compounds were isolated by the technique of hydro-distillation in modified Clevenger apparatus, quantified by gas chromatography, identified by mass spectrometry and Kovats index and evaluated using olfatometry by the technique of sniffing. It can be concluded that the character-impact compound of the fresh-cut peruvian carrot is the 2-acetyl-1-pyrroline and 2,9-heptadecadiene-4,6-dien-8-ol is the major volatile component. Its volatile profile undergoes modifications over the storage period.

¹ Guidance Committee: Eduardo Valério de Barros Vilas Boas - UFLA (Adviser); Mário César Guerreiro - UFLA; Roberta Hisdorf Piccoli – UFLA.

3 INTRODUÇÃO

A mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* B.), também conhecida por batata-baroa, batata-salsa ou cenoura amarela é uma hortaliça muito apreciada pelo seu aroma e sabor característicos, rica em fósforo, beta-caroteno e niacina, sendo também uma importante fonte de energia em função do seu alto teor de carboidratos. Devido a alta digestibilidade de seu amido, é amplamente recomendada para alimentação infantil, de pessoas idosas e convalescentes. Pertence à família Apiaceae, assim como cenoura, salsa, coentro, anis, salsão e funcho (Luengo, 2000; Pereira, 1997). A mandioquinha-salsa é um produto muito valorizado para a comercialização em produtos minimamente processados, cujo valor é muitas vezes maior que o do produto inteiro.

O aroma típico dos alimentos resulta da combinação de dezenas de substâncias voláteis de diversas classes químicas. A percepção do aroma depende do impacto individual de cada um desses compostos, mas é resultado do balanço global entre eles. Nenhum constituinte individual é totalmente responsável pelo aroma característico de um alimento, mas em alguns produtos existem um ou mais componentes que, sozinhos, lembram a qualidade característica de seu aroma, e são chamados de compostos caráter-impacto. Os demais compostos necessários para se obter o aroma pleno do alimento são denominados de compostos contribuintes (Garruti, 2003).

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

O aroma de frutas e hortaliças é determinado por uma combinação de compostos voláteis. Cada produto tem um aroma distinto que é função das proporções dos voláteis de caráter-impacto e a presença ou ausência de algum componente. Os mais importantes compostos voláteis incluem, entre outros mono e sesquiterpenos, derivados fenólicos, compostos derivados de ácidos graxos e derivados de aminoácidos (Lewinsohn et al., 2005).

As pirrolinas foram identificadas nos alimentos em meados da década de 60 sendo compostos característicos de alimentos processados termicamente, são encontradas em pequenas quantidades. As pirrolinas podem ser formadas a partir da reação de *Maillard*, da degradação de *Strecker* e da pirólise de aminoácidos. Os aminoácidos livres são precursores de aromas extremamente importantes. A partir de sistemas de reação contendo aminoácidos e glicídios ou somente aminoácidos, verificou-se a formação de uma série de pirrolinas. Foi relatado, também, que as pirrolinas poderiam ser formados pela interação entre um aminoácido e a 3-deoci-hexasona através da degradação de *Strecker* seguida de desidratação e fechamento do anel. As pirrolinas apresentam propriedades sensoriais bem características, as alquil- e acil-pirrolinas apresentam em baixas concentrações um aroma doce e levemente queimado. Em outro estudo, verificou-se que as acil-pirrolinas são responsáveis por um odor semelhante ao de pão. Já o 2-acetil-pirrolina foi responsável pelo odor suave de caramelo identificado em carne bovina cozida (De Maria et al., 1999).

Considerando-se a carência de estudos relativos ao perfil volátil de hortaliças, objetivou-se avaliar a influência do tempo de armazenamento sobre os compostos voláteis de mandioquinha-salsa minimamente processada, e na tentativa também de encontrar os possíveis compostos responsáveis pelo aroma característico.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Mandioquinhas-salsa cultivar Amarela de Senador Amaral foram adquiridas no comércio local de Lavras – MG e levadas ao Laboratório de Pós-colheita de frutos e hortaliças do departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, MG. As raízes foram selecionadas, descartando-se aquelas que apresentavam injúrias, lavadas em água corrente com detergente neutro a fim de retirar as sujidades mais grosseiras, sendo em seguida imersas em solução de dicloroisocianurato de sódio 100 mg/L por 20 min, drenado o excesso de solução sanitificante com auxílio de peneiras plásticas e secas ao ar.

As raízes foram descascadas manualmente, fatiadas (1 cm de espessura) com auxílio de multiprocessador MASTER AT, imersas em solução de dicloroisocianurato de sódio 100 mg/L por 15 min e drenadas por aproximadamente 3 min em escorredor doméstico. Em seguida, as fatias de mandioquinhas-salsa foram acondicionadas em embalagem rígida de polipropileno (15 x 11,5 x 4,5 cm), contendo cerca de 150 g de mandioquinhas-salsa minimamente processada, armazenadas em câmara fria ($5\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $90\pm 5\%\text{UR}$) por um período de 15 dias e as análises dos compostos voláteis realizadas a cada 3 dias.

Extração dos compostos voláteis

A extração dos componentes voláteis foi realizada no Laboratório de Química Orgânica de Departamento de Química da UFLA, Lavras, MG. O material, em média 900 g, foi acondicionado em balões de 6 L e submetido ao método de hidrodestilação por 2 h, em temperatura constante, mantendo a ebulição da solução, utilizando-se o aparelho de Clevenger modificado (Castro et al., 2006). Após, coletou-se o hidrolato. Este foi particionado com

diclorometano em funil de separação. A fase orgânica foi mantida em repouso por 10 min com sulfato de sódio anidro e em seguida filtrou-se. O solvente orgânico foi evaporado sob pressão reduzida em evaporador rotativo do tipo Büchi R-114 a 30°C até a quantidade de 1 mL. Em seguida as amostras foram armazenadas sob baixa temperatura (-15°C).

Identificação, quantificação e olfatométria

As análises qualitativas dos óleos 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 CG-17A, com detector seletivo de massas modelo QP5050A 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 acrescentados 3°C a cada minuto até atingir 240°C; gás de arraste hélio, com 1,8 mL min⁻¹ na coluna; taxa de split 1:8; volume injetado de 1 µL e pressão inicial na coluna de 100 KPa. As condições do EM foram: detector seletivo de massas operando por impacto eletrônico e energia de impacto de 70 eV; velocidade de varredura 1000 m/z s⁻¹; intervalo de varredura de 0,5 fragmentos/segundos e fragmentos detectados de 29 Da e 600 Da. Cada componente foi identificado pela comparação de seu espectro de massas com espectros existentes na literatura (Adams, 1995), com espectros avaliados pelo banco de dados (Wiley 7), e também pela comparação dos índices de retenção de Kovats (Adams, 1995). Os índices de retenção de Kovats foram determinados utilizando uma curva de calibração de uma série de *n*-alcanos (C8-C22) injetados nas mesmas condições cromatográficas das amostras.

As análises quantitativas foram realizadas no Laboratório de Química Orgânica do Departamento de Química da UFLA, Lavras, MG, utilizando

cromatógrafo gasoso Shimadzu GC17A equipado com detector de ionização de chamas (DIC), nas 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 de detector de 240°C; programação da coluna com temperatura inicial de 40°C até 240°C; gás de arraste nitrogênio, com fluxo 2,2 mL min^{-1} na coluna; taxa de split 1:10 e volume injetado de 1 μL e pressão na coluna de 115 KPa. A concentração dos constituintes (%) foi calculada pela área integral de seus respectivos picos, relacionada com a área total de todos os constituintes da amostra (normalização de área).

A análise de percepção do aroma ('sniffing') foi realizada no Laboratório de Fisiologia e Genética de Microorganismos do Departamento de Biologia da UFLA, Lavras, MG, utilizando cromatógrafo gasoso Shimadzu GC17A nas mesmas condições operacionais usadas na quantificação dos compostos voláteis. Inicialmente, as amostras foram eluídas na coluna cromatográfica para 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 DIC, e amostras foram novamente injetadas para a percepção e descrição do aroma de cada composto pelos provadores. Esta análise foi realizada por 5 provadores, não treinados, que avaliaram as amostras em duplicata.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise do aroma de mandioquinhas-salsa minimamente processadas por meio de cromatografia gasosa associada à espectrometria de massas permitiu identificar 19 compostos dentre os 38 compostos detectados por cromatografia gasosa compreendendo 90%, em média, da área relativa total (Tabela 1). A classe química mais abundante foi a dos aldeídos correspondendo a 52% dos compostos identificados. Foram também detectadas outras classes químicas como: terpenos, álcoois, ésteres e pirrolina.

O composto majoritário encontrado pela técnica de hidrodestilação foi o 2,9-heptadecadieno-4,6-diin-8-ol (Figura 1), correspondendo, em média, aproximadamente a 82% da área relativa total, ao longo do armazenamento. Este composto é um poliacetileno análogo do falcarinol e do panaxinol, os quais são moléculas bioativas que promovem efeitos benéficos à saúde humana. O falcarinol é encontrado em vegetais da família Apiaceae, principalmente na cenoura (*Daucus carota* L.), raízes de ginseng (*Panax ginseng*) e *Dendropanax arboreus* L. da família Araliaceae. Apresenta pronunciada atividade citotóxica comprovada *in vitro* contra células cancerígenas humanas e estudos *in vivo* têm demonstrado este potencial antitumoral (Hansen et al., 2003).

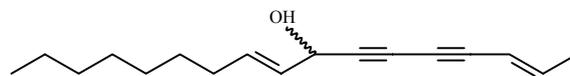


FIGURA 1 Estrutura química do 2,9-heptadecadieno-4,6-diin-8-ol.

TABELA 1 Compostos químicos (%) encontrados pela técnica de hidrodestilação em mandioquinha-salsa minimamente processada mantida a 5°C por 15 dias

Substâncias	IK ¹	Tempo de armazenamento (dias)					
		0	3	6	9	12	15
But-2-em-1-ol 3-metil	785	1,34 ± 0,17 ²	0,32 ± 0,09	0,24 ± 0,19	0,10 ± 0,03	0,25 ± 0,35	0,11 ± 0,03
Hexanal	800	0,73 ± 0,71	2,45 ± 0,13	4,61 ± 3,41	6,34 ± 1,73	3,28 ± 2,43	3,67 ± 0,93
3-butil acetato	817	0,13 ± 0,02	0,06 ± 0,01	nd ³	nd	0,04 ± 0,03	0,06 ⁴
Hex-2-enal	898	0,33 ± 0,08	0,10 ± 0,07	0,12 ± 0,06	0,14 ± 0,05	0,15 ± 0,14	0,18 ± 0,07
Heptanal	901	1,17 ± 0,13	0,52 ± 0,03	1,01 ± 0,40	1,37 ± 0,30	0,89 ± 0,29	1,64 ± 0,96
2-acetil-1-pirrolina	925	0,03 ± 0,01	0,02 ± 0,01	nd	nd	nd	nd
Octanal	1001	0,44 ± 0,19	0,18 ± 0,03	0,16 ± 0,07	0,24 ± 0,04	nd	0,13 ± 0,04
Limoneno	1025	0,16	0,17 ± 0,05	0,33 ± 0,20	0,24 ± 0,08	0,17 ± 0,10	0,16 ± 0,06
Octenal	1101	0,23 ± 0,06	0,09 ± 0,01	0,10 ± 0,02	0,13 ± 0,03	0,09 ± 0,04	0,18 ± 0,10
Nonanal	1159	0,09 ± 0,06	0,05 ± 0,02	0,14 ± 0,07	0,32 ± 0,18	0,21 ± 0,09	0,36 ± 0,10
Non-2-enal	1202	0,02	0,06 ± 0,04	0,08 ± 0,07	0,14	0,08 ± 0,05	0,15 ± 0,07
Decanal	1260	0,11 ± 0,02	0,09 ± 0,01	0,12 ± 0,04	0,15 ± 0,02	0,11 ± 0,04	0,15 ± 0,10
Dec-2-enal	1291	0,09 ± 0,08	0,18 ± 0,04	0,19 ± 0,09	0,26 ± 0,02	0,19 ± 0,08	0,19 ± 0,07
2,4-decadienal	1314	0,19 ± 0,12	0,60 ± 0,08	0,82 ± 0,44	0,73 ± 0,12	0,62 ± 0,19	0,91 ± 0,14
Eugenol	1356	0,11 ± 0,01	nd	nd	nd	nd	nd
Cariofileno	1411	3,85 ± 1,49	0,76 ± 0,17	0,36 ± 0,13	1,36 ± 0,18	0,49 ± 0,19	0,50 ± 0,07
Oxido cariofileno	1576	0,35 ± 0,02	0,20 ± 0,01	0,46 ± 0,08	0,30 ± 0,05	0,45 ± 0,09	0,55 ± 0,09
Ácido palmítico	2025	0,17 ± 0,04	nd	1,07 ± 0,88	nd	0,87 ± 0,91	0,71 ± 0,21
2,9-heptadecadiene-4,6-diin-8-ol	2074	76,71 ± 1,30	80,18 ± 1,67	86,77 ± 7,04	82,01 ± 6,05	87,55 ± 4,25	82,03 ± 4,02

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

Entretanto, esta substância não apresentou propriedades sensoriais importantes para o aroma do produto, fato este constatado através da CG-olfatometria ('sniffing'). Isto evidencia que a importância odorífera de uma substância volátil não está necessariamente relacionada com a concentração do composto na amostra, pois compostos que se apresentam no cromatograma em baixa porcentagem relativa ou até mesmo em quantidades traços podem apresentar expressiva importância odorífera (Garrutti et al., 2001). Este é o caso do composto 2-acetil-1-pirrolina (Figura 2 – estrutura 1), o qual foi percebido pela análise sensorial ('sniffing') durante todo o armazenamento e seu aroma descrito como sendo "cheiro intenso de mandioquinha-salsa cozida", e não ter sido detectado pelo CG/DIC a partir do sexto dia de armazenamento. Esta substância, 2-acetil-1-pirrolina, foi registrada pela análise olfatométrica com alta intensidade de odor e percebida por um longo período de tempo, sendo considerado como composto de caráter-impacto da mandioquinha-salsa minimamente processada cozida.

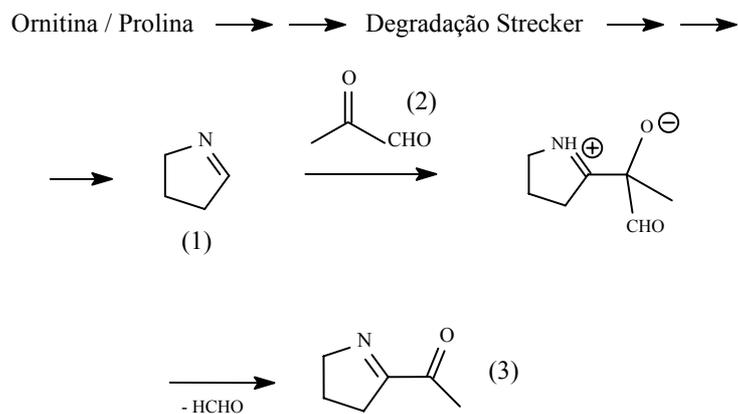


FIGURA 2 Formação do 2-acetil-1-pirrolina (3) a partir de 1-pirrolina (1) e 2 oxopropanal (2). Fonte: Mayer & Breuer (2006)

A substância 2-acetil-1-pirrolina foi identificada como sendo o composto responsável pelo aroma característico das variedades de arroz aromáticos Basmati e Jasmine quando do cozimento de seus grãos, aroma este descrito como de pipoca pelos ocidentais e de óleo de folhas de pandan (*Pandanus odoratissimus* Linn. e *P. amaryllifolius* Roxb.) pelos orientais (Buttery et al., 1982; Chen et al., 2006). Esta, é descrita também como sendo o maior componente volátil do óleo das folhas de pandan muito utilizado, em países orientais, na indústria de alimentos como flavorizante de variedades de arroz não aromáticas, geléias, doces, carnes e produtos vegetais (Bhattacharjee et al., 2005; Laohakunjit & Kerdchoechuen, 2007).

Segundo Yoshihashi et al. (2002), este composto apresenta um grande potencial aromatizante, podendo ser percebido pelo olfato humano em diluições de até 0,1 ppb, justificando que mesmo não sendo detectado pelo DIC a partir do 6º dia de armazenamento seu aroma continuou sendo percebido e descrito pelos provadores (avaliação sensorial) até o final do armazenamento. Estes mesmos autores sugerem ainda que seu precursor nitrogenado (Figura 2 – estrutura 1) na variedade de arroz basmati é o aminoácido prolina e que a fonte de acetil ainda não é esclarecida.

O composto 2-acetil-1-pirrolina compõe a nota de tostado do pão branco, pipoca e milho doce (Schieberle, 1997; Buttery et al., 1982). Mayer & Breuer (2006), sugerem que o mecanismo de formação do 2-acetil-1-pirrolina seja a reação do 2-oxopropanal com 1-pirrolina. Os precursores de 1-pirrolina podem ser os aminoácidos ornitina e prolina; sendo o 2-oxopropanal um produto da degradação de carboidratos por altas temperaturas (Reação de *Maillard*). Este mecanismo é mostrado na Figura 2 (estrutura 1, 2 e 3).

Apesar da avaliação sensorial dos efluentes cromatográficos, através da técnica ‘sniffing’ ter evidenciado que o composto 2-acetil-1-pirrolina foi capaz de duplicar o aroma típico de mandioquinha-salsa cozida, outros compostos também foram percebidos e descritos, sendo considerados como contribuintes

para o aroma global da mandioquinha-salsa. Foram eles: hexanal ('verde, grama'); 3-butil acetato ('fruta, doce'); octanal ('doce, óleo de amêndoas'); octenal ('verde'); nonanal ('doce, talco'); non-2-enal ('verde, grama'); 2,4-decadienal ('azeite de oliva, pão, batata frita'); eugenol ('doce, cravo, caramelo'); óxido de cariofileno ('bala, caramelo'), também descritos em outros trabalhos sobre voláteis (Garruti et al., 2001).

O aroma global da mandioquinha-salsa minimamente processada foi alterado ao longo do armazenamento, uma vez que foram observadas mudanças nas porcentagens de alguns compostos pelo CG/DIC. Entretanto, tais mudanças não comprometeram negativamente a qualidade sensorial do produto ao término do armazenamento, pois não foram percebidos pelos provadores durante a avaliação sensorial aromas desagradáveis, tais como de fermentação ou deterioração.

6 CONCLUSÃO

De acordo com a técnica de hidrodestilação: o 2,9-heptadecadieno-4,6-diin-8-ol é o componente volátil majoritário e o 2-acetil-1-pirrolina é o composto de caráter-impacto no aroma da mandioquinha-salsa minimamente processada. O perfil de compostos voláteis da mandioquinha-salsa minimamente processada é alterado ao longo do armazenamento.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, R.P. **Identification of essential oil components by gás chromatography/mass spectroscopy**. Carol Stream: Allured Publishing Corporation. 469 p. 1995.
- BHATTACHARJEE, P.; KSHIRSAGAR, A.; SINGHAL, R. Supercritical carbon dioxide extraction of 2-acetyl-1-pyrroline from *Pandanus amaryllifolius* Roxb. **Food Chemistry**. 91. 255-259p. 2005.
- BUTTERY, R.G.; JULIANO, B.O.; LING, L.C. Identification of rice aroma compound 2-acetyl-1-pyrroline in pandan leaves. **Chemistry and Industry**. 23. 478p. 1982.
- CASTRO, D.P.; CARDOSO, M.G.; MORAES, J.C.; SANTOS, M.M.; BALIZA, D.P. **Rev. Brasileira Plantas Medicinai**s. 2006, 4, 27.
- CHEN, S.; WU, J.; YANG, Y.; SHI, W.; XU, M. The fgr gene responsible for rice fragrance was restricted within 69 kb. **Plant Science**. 171. 505-514p. 2006.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. rev. e amp. Lavras: UFLA, 2005. 785p.
- 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.A.P. da; JANZANTTI, N.S.; ALVES, G.L. **Compostos voláteis de sabor de pseudofrutos de cajueiro anão precoce** (*Anacardium occidentale* L.) CCP-76. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2001. 29p. (Boletim de Pesq. e Desenvolvimento, n.4).
- HANSEN, S.L.; PURUP, S.; CHRISTENSEN, L.S. Bioactivity of falcarinol and the influence of processing and storage on its content in carrots (*Daucus carota* L). **Journal of the Science of Food and Agriculture**. 83. 1010-1017p. 2003.
- LAOHAKUNJIT, N.; KERDCHOECHUEN, O. Aroma enrichment and the change during storage of non-aromatic milled rice coated with extracted natural flavor. **Food Chemistry**. 101. 339-344p. 2007.

LEWINSOHN, E. et al. Carotenoide pigmentation affects the volatile composition of tomato and watermelon fruits, as revealed by comparative genetic analyses. **J. Agric. Food Chem.**53. 3142-3148. 2005.

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)

MAYER, F.; BREUER, K. Material odor-odorative compounds identified in different materials- the surprising similarities with certain foods, possible sources and hypotheses on their formation. **Indoor Air**. 16. 373-382p. 2006.

PEREIRA, A. S. Valor nutritivo da mandioquinha-salsa. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 19, n. 190, p. 11-12, 1997.

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**. Cap. 13, São Paulo: Varela, 2003. p. 177-194.

SCHIEBERLE, P. Primary odorants of popcorn. **J. Agric. Food Chem.** 39. 1141-1144. 1991.

YOSHIHASHI, T.; HUONG, N.T.T.; INATOMI, H. Precursors of 2-acetyl-1-pyrroline a potent flavor compound of an aromatic rice variety. **J. Agric. Food Chem.** 50. 2001-2004p. 2002.

WANG, C.Y. Chilling injury and browning of fresh-cut fruits and vegetables. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 4., 2006, São Pedro, SP. **Palestras...** Piracicaba, Sp: USP/ESALQ/CYTED, 2006. 258P.

ANEXOS

	Páginas
TABELA 1A Análise de variância para pH, acidez titulável (AA), sólidos solúveis (SS), firmeza e amido de mandioquinhas-salsa minimamente processadas, armazenadas por quinze dias e tratadas com diferentes antioxidantes.....	124
TABELA 2A Análise de variância para L*, a*, b*, pectina solúvel(PS) e açúcares solúveis totais (AST) de mandioquinhas-salsa minimamente processadas, armazenadas por quinze dias e tratadas com diferentes antioxidantes.....	124
TABELA 3A Análise de variância para atividade das enzimas poligalacturonase (PG), peroxidase (POD), polifenoloxidase (PFO) e fenilalaninamônio-liase (FAL) de mandioquinhas-salsa minimamente processadas, armazenadas por quinze dias e tratadas com diferentes antioxidantes.....	125
TABELA 4A Análise de variância para aparência e cor de mandioquinhas-salsa minimamente processadas, armazenadas por quinze dias e tratadas com diferentes antioxidantes.....	125
TABELA 5A Análise de variância para pH, acidez titulável (AA), sólidos solúveis (SS), firmeza e amido de mandioquinhas-salsa minimamente processadas, armazenadas por quinze dias sob diferentes temperaturas.....	126
TABELA 6A Análise de variância para taxa respiratória (TR) de mandioquinhas-salsa minimamente processadas, armazenadas por quinze dias sob diferentes temperaturas.....	126

TABELA 7A	Análise de variância para atividade das enzimas poligalacturonase (PG), peroxidase (POD), polifenoloxidase (PFO) e fenilalaninamônio-liase (FAL) de mandioquinhas-salsa minimamente processadas armazenadas por quinze dias sob diferentes temperaturas.....	127
TABELA 8A	Análise de variância para L*, a*, b*, pectina solúvel (PS) e açúcares solúveis (AS) de mandioquinhas-salsa minimamente processadas armazenadas por quinze dias sob diferentes temperaturas.....	127
TABELA 9A	Análise de variância para aparência e cor de mandioquinhas-salsa minimamente processadas armazenadas por quinze dias sob diferentes temperaturas.....	128
TABELA 10A	Análise de variância para pH, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS) e amido de mandioquinhas-salsa minimamente processadas, armazenadas por quinze dias sob atmosfera modificada.....	128
TABELA 11A	Análise de variância para valor L*, valor b* e firmeza de mandioquinhas-salsa minimamente processadas, armazenadas por quinze dias sob atmosfera modificada.....	129

TABELA 1A Análise de variância para pH, acidez titulável (AA), sólidos solúveis (SS), firmeza e amido de mandioquinhas-salsa minimamente processadas, armazenadas por quinze dias e tratadas com diferentes antioxidantes.

Fatores de variação	GL	pH	AA	SS	firmeza	amido
Antioxidantes	3	Ns	ns	ns	ns	ns
Tempo	5	**	*	*	**	**
Antiox. x Tempo	15	Ns	ns	ns	ns	ns
Erro	48	--	--	--	--	--
Total	71	--	--	--	--	--
CV (%)	--	0.23	33.93	5.71	4,88	2.55

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

TABELA 2A Análise de variância para L*, a*, b*, pectina solúvel (PS) e açúcares solúveis totais (AST) de mandioquinhas-salsa minimamente processadas, armazenadas por quinze dias e tratadas com diferentes antioxidantes.

Fatores de variação	GL	L*	a*	b*	PS	AST
Antioxidantes	3	Ns	**	**	ns	ns
Tempo	5	Ns	**	**	**	ns
Antiox. x Tempo	15	Ns	**	**	ns	ns
Erro	48	--	--	--	--	--
Total	71	--	--	--	--	--
CV (%)	--	94,08	14.28	2,62	1.21	38,08

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

TABELA 3A Análise de variância para atividade das enzimas poligalacturonase (PG), peroxidase (POD), polifenoloxidase (PFO) e fenilalanina-amonioliase (FAL) de mandioquinhas-salsa minimamente processadas, armazenadas por quinze dias e tratadas com diferentes antioxidantes.

Fatores de variação	GL	PG	POD	PFO	FAL
Antioxidantes	3	ns	ns	ns	**
Tempo	5	ns	ns	ns	**
Antiox. x Tempo	15	ns	ns	ns	**
Erro	48	--	--	--	--
Total	71	--	--	--	--
CV (%)	--	81.08	99.08	161.66	1.71

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

TABELA 4A Análise de variância para aparência e cor de mandioquinhas-salsa minimamente processadas, armazenadas por quinze dias e tratadas com diferentes antioxidantes.

Fatores de variação	GL	aparência	cor
Antioxidantes	3	**	**
Tempo	5	**	**
Antiox. x Tempo	15	**	**
Erro	1175	--	--
Total	1198	--	--
CV (%)	--	14.80	13.73

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

TABELA 5A Análise de variância para pH, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), firmeza e amido de mandioquinhas-salsa minimamente processadas, armazenadas por quinze dias sob diferentes temperaturas.

Fatores de variação	GL	pH	AT	SS	firmeza	amido
Temperaturass	2	ns	ns	ns	ns	ns
Tempo	5	ns	*	*	ns	ns
Antiox. x Tempo	10	ns	ns	ns	ns	ns
Erro	36	--	--	--	--	--
Total	53	--	--	--	--	--
CV	--	1.60	17.08	5.26	6.77	10.88

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

TABELA 6A Análise de variância para taxa respiratória (TR) de mandioquinhas-salsa minimamente processadas armazenadas por quinze dias sob diferentes temperaturas.

Fatores de variação	GL	TR
Temperaturas	2	**
Tempo	5	ns
Antiox. x Tempo	10	ns
Erro	89	--
Total	106	--
CV	--	38.36

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

TABELA 7A Análise de variância para atividade das enzimas poligalacturonase (PG), peroxidase (POD), polifenoloxidase (PFO) e fenilalanina-amonioliase (FAL) de mandioquinhas-salsa minimamente processadas armazenadas por quinze dias sob diferentes temperaturas.

Fatores de variação	GL	PG	POD	PFO	FAL
Temperaturas	2	ns	ns	*	ns
Tempo	5	ns	ns	*	ns
Antiox. x Tempo	10	*	*	ns	**
Erro	36	--	--	--	--
Total	53	--	--	--	--
CV (%)	--	1.69	1.82	198	9.09

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

TABELA 8A Análise de variância para L*, a*, b*, pectina solúvel (PS) e açúcares solúveis (AS) de mandioquinhas-salsa minimamente processadas armazenadas por quinze dias sob diferentes temperaturas.

Fatores de variação	GL	L*	a*	b*	PS	AS
Temperaturas	2	ns	ns	ns	ns	*
Tempo	5	ns	ns	ns	ns	*
Antiox. x Tempo	10	*	*	*	*	ns
Erro	36	--	--	--	--	--
Total	53	--	--	--	--	--
CV (%)	--	0.97	46.21	3.45	3.04	2.68

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

TABELA 9A Análise de variância para aparência e cor de mandioquinhas-salsa minimamente processadas armazenadas por quinze dias sob diferentes temperaturas.

Fatores de variação	GL	aparência	cor
Antioxidantes	3	**	**
Tempo	5	**	**
Antiox. x Tempo	15	**	**
Erro	1175	--	--
Total	1198	--	--
CV (%)	--	14.80	13.73

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

TABELA 10A Análise de variância para pH, acidez titulável (AA), sólidos solúveis (SS) e amido de mandioquinhas-salsa minimamente processadas, armazenadas por quinze dias sob atmosfera modificada.

Fatores de variação	GL	pH	AA	SS	firmeza	amido
Temperaturass	2	ns	ns	ns	ns	ns
Tempo	5	ns	ns	ns	ns	ns
Antiox. x Tempo	10	ns	ns	ns	ns	ns
Erro	36	--	--	--	--	--
Total	53	--	--	--	--	--
CV	--	11.60	15.08	15.26	16.77	18.01

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

TABELA 11A Análise de variância para valor L*, valor b* e firmeza de mandioquinhas-salsa minimamente processadas, armazenadas por quinze dias sob atmosfera modificada.

Fatores de variação	GL	L*	b*	firmeza
Temperaturass	2	ns	ns	ns
Tempo	5	ns	*	ns
Antiox. x Tempo	10	ns	ns	ns
Erro	36	--	--	--
Total	53	--	--	--
CV	--	11.64	7.08	18.97

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