PROCESSAMENTO MÍNIMO DE RABANETE: ESTUDOS FÍSICO- QUÍMICOS, FISIOLÓGICOS E MICROBIOLÓGICOS

JUAN SAAVEDRA DEL AGUILA

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Fitotecnia.

PIRACICABA
Estado de São Paulo – Brasil
Novembro – 2004

PROCESSAMENTO MÍNIMO DE RABANETE: ESTUDOS FÍSICO- QUÍMICOS, FISIOLÓGICOS E MICROBIOLÓGICOS

JUAN SAAVEDRA DEL AGUILA

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. **RICARDO ALFREDO KLUGE**

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Fitotecnia.

PIRACICABA
Estado de São Paulo – Brasil
Novembro – 2004

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP

Saavedra del Aguila, Juan

Processamento mínimo de rabanete: estudos físico-químicos, fisiológicos e microbiológicos / Juan Saavedra del Aguila. - - Piracicaba, 2004.
123 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2004.
Bibliografia.

1. Antioxidante 2. Armazenagem em atmosfera modificada 3. Conservação de alimento por refrigeração 4. Etileno 5. Fisiologia pós-colheita 6. Microbiologia de alimento 7. Processamento de alimento 8. Respiração I. Título

CDD 635.15

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”

A Deus Supremo
Aos meus pais Jorge Ernesto (*in memoriam*) e Belén
Às minhas irmãs Leslie e Katia
À minha esposa Lília Sichmann Heiffig del Aguila

OFEREÇO E DEDICO

“Se um dia tiver que escolher entre o mundo e o amor ... Lembre-se: Se escolher o mundo, ficará sem o amor, mas se escolher o amor, com ele conquistará o mundo”

(Albert Einstein)

AGRADECIMENTOS

A todos, que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho:

Ao meu orientador, Prof. Dr. Ricardo Alfredo Kluge pela orientação, estímulo, incentivo e, principalmente, pela confiança e amizade;

Ao Prof. Dr. Edwin Moises Marcos Ortega, pela amizade e colaboração na parte estatística desta pesquisa;

Ao Prof. Dr. Cláudio Rosa Gallo e à técnica Cecília Helena Nogueira, pela colaboração nas análises microbiológicas;

Ao Prof. Dr. Angelo Pedro Jacomino por possibilitar a utilização da estrutura do Laboratório de Pós-colheita;

Aos professores do curso de Pós-graduação em Fitotecnia da USP/ESALQ, pelos valiosos ensinamentos e amizade, em especial Profs. Drs. Ederaldo José Chiavegato, José Dias Costa e Gil Miguel de Sousa Câmara;

A Maria das Graças Ongarelli, técnica de Laboratório de Fisiologia e Bioquímica Pós-colheita;

A minha esposa, Lília Sichmann Heiffig del Aguila, pela revisão deste trabalho, paciência, ajuda, amizade e amor brindado;

Aos colegas do curso de pós-graduação em Fitotecnia, em especial Guy Mitsuyuki Tsunamuna pelo convívio, incentivo, companheirismo e amizade;

Aos amigos Eduardo Suguino, Cláudio Roberto Segatelli e Patrícia Lyra Lino, pela força;

Aos colegas de Laboratório: Cleber Alves Costa, Daniela Cristina Clemente Vitti, Maria Carolina Dario Vitti, Maria Luiza Lye Jomori, Vanessa Daniel Groppo, Marcos Trevisan e especialmente a Fabiana Fumi Sasaki, pela amizade e apoio nos experimentos;

Aos companheiros da Vila Estudantil de Pós-Graduação: Rosângela, Raquel, Ana Paula, Andrea, Katia, Junio, Elio, Anderson, Julio, Mauricio, Henrique, Milena, Miriam, Analy, Cláudia, Aurélio, Jadson, pela amizade;

Ao Serviço Social da USP/ESALQ, pela vaga concedida na Vila Estudantil, durante parte do mestrado;

Ao PPG em Fitotecnia, à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” e à Universidade de São Paulo, pela oportunidade;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de mestrado, durante parte do mesmo;

Ao povo brasileiro pela sua hospitalidade.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	x
SUMMARY	xii
1 INTRODUÇÃO	01
2 REVISÃO DE LITERATURA	03
2.1 A Importância da Cultura do Rabanete	03
2.2 Considerações sobre o Processamento Mínimo de Vegetais	04
2.3 Fatores que Influenciam a Qualidade de Vegetais Minimamente Processados	06
2.3.1 Qualidade do Vegetal	06
2.3.2 Temperatura de Armazenamento	06
2.3.3 Umidade Relativa do Ambiente de Armazenamento (UR)	07
2.3.4 Respiração	08
2.3.5 Produção de Etileno	09
2.3.6 Embalagem e Atmosfera Modificada (AM)	10
2.3.7 Escurecimento Enzimático e Inibidores	11
2.3.8 Microrganismos Patógenos	12
2.3.9 Sanitização	13
2.3.10 Valor Nutritivo	14
3 AVALIAÇÃO DO METABOLISMO RESPIRATÓRIO EM RABANETES MINIMAMENTE PROCESSADOS	15
Resumo	15

Summary	16
3.1 Introdução	17
3.2 Material e Métodos	18
3.2.1 Obtenção e acondicionamento do material experimental	18
3.2.2 Processamento mínimo	19
3.2.3 Determinações	21
3.2.3.1 Taxa respiratória	21
3.2.3.2 Produção de etileno	22
3.2.4 Análise dos resultados	22
3.3 Resultados e Discussão	23
3.4 Conclusão	27
4 DETERMINAÇÃO DA MICROFLORA EM RABANETES MINIMAMENTE PROCESSADOS	28
Resumo.....	28
Summary.....	29
4.1 Introdução.....	30
4.2 Material e Métodos.....	31
4.2.1 Obtenção do material experimental.....	31
4.2.2 Processamento mínimo.....	31
4.2.3 Análise microbiológica.....	32
4.3 Resultados e Discussão.....	34
4.4 Conclusão	36
5 PROCESSAMENTO MÍNIMO DE RABANETE UTILIZANDO DIFERENTES TIPOS DE CORTE E TEMPERATURAS DE ARMAZENAMENTO	37
Resumo	37
Summary	38
5.1 Introdução	39
5.2 Material e Métodos	41
5.2.1 Obtenção e acondicionamento do material experimental	41

5.2.2 Processamento mínimo	41
5.2.3 Determinações	42
5.2.3.1 Taxa respiratória	42
5.2.3.2 Produção de etileno	43
5.2.3.3 Teor de sólidos solúveis totais (SST)	43
5.2.3.4 Perda de matéria fresca	43
5.2.3.5 Acidez titulável	43
5.2.3.6 Teor de ácido ascórbico (vitamina C)	43
5.2.3.7 Coloração	43
5.2.4 Análise dos resultados	44
5.3 Resultados e Discussão	44
5.3.1 Taxa respiratória	44
5.3.2 Produção de etileno	54
5.3.3 Teor de sólidos solúveis totais (SST)	56
5.3.4 Perda de matéria fresca	58
5.3.5 Acidez titulável	60
5.3.6 Teor de ácido ascórbico (vitamina C)	62
5.3.7 Coloração	65
5.4 Conclusões	70
6 QUALIDADE DE RABANETES MINIMAMENTE PROCESSADOS EM FUNÇÃO DA EMBALAGEM UTILIZADA DURANTE O ARMAZENAMENTO REFRIGERADO	71
Resumo	71
Summary	72
6.1 Introdução	73
6.2 Material e Métodos	74
6.2.1 Obtenção e acondicionamento do material experimental	74
6.2.2 Processamento mínimo	75
6.2.3 Determinações	75
6.2.3.1 Composição gasosa no interior das embalagens	76

6.2.4 Análise dos resultados	76
6.3 Resultados e Discussão	77
6.3.1 Composição gasosa no interior das embalagens	77
6.3.2 Teor de sólidos solúveis totais (SST)	80
6.3.3 Perda de matéria fresca	81
6.3.4 Acidez titulável	82
6.3.5 Teor de ácido ascórbico (vitamina C)	83
6.3.6 Coloração	84
6.4 Conclusões	86
7 APLICAÇÃO DE ANTIOXIDANTES NA CONSERVAÇÃO REFRIGERADA DE RABANETES MINIMAMENTE PROCESSADOS ..	87
Resumo	87
Summary	88
7.1 Introdução	89
7.2 Material e Métodos	91
7.2.1 Obtenção e acondicionamento do material experimental	91
7.2.2 Processamento mínimo	91
7.2.3 Determinações	92
7.2.4 Análise dos resultados	92
7.3 Resultados e Discussão	93
7.3.1 Taxa respiratória	93
7.3.2 Teor de sólidos solúveis totais (SST)	97
7.3.3 Perda de matéria fresca	97
7.3.4 Acidez titulável	98
7.3.5 Teor de ácido ascórbico (vitamina C)	99
7.3.6 Coloração	100
7.4 Conclusão	102
8 CONSIDERAÇÕES GERAIS	103
ANEXOS	105
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	109

PROCESSAMENTO MÍNIMO DE RABANETE: ESTUDOS FÍSICO-QUÍMICOS, FISIOLÓGICOS E MICROBIOLÓGICOS

Autor: JUAN SAAVEDRA DEL AGUILA

Orientador: Prof. Dr. RICARDO ALFREDO KLUGE

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo determinar as respostas fisiológicas, físico-químicas e microbiológicas associadas ao processamento mínimo do rabanete, sendo que para isso foram realizados 5 experimentos. No primeiro experimento, foram avaliadas taxa respiratória e produção de etileno de raízes em retalhos, mantidas a 5°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) e 90% ($\pm 5\%$) UR por 10 dias. No 10º dia, os rabanetes em retalhos apresentaram uma taxa de respiração 149% superior à verificada nas raízes inteiras (70,35 e 28,23 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, respectivamente). Não foi detectada produção de etileno. No segundo, foram avaliados os aspectos microbiológicos após o corte e no 10º dia, de dois tratamentos (uma e duas sanitizações), em rabanete minimamente processado mantido a 5°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) e 90% ($\pm 5\%$) UR. As contagens de bactérias psicrotróficas no tratamento com duas sanitizações mantiveram-se abaixo do limite aceitável; no tratamento com uma sanitização obteve-se, no 10º dia de armazenamento, $5,8 \times 10^6$ UFC/g, limite máximo recomendado. Não foi detectada presença de coliformes totais e *Salmonella*. No terceiro experimento, estudaram-se dois tipos de corte (rodela e retalho) e três temperaturas de armazenamento (1, 5 e 10°C), por 10 dias, analisando-se taxa respiratória, produção de etileno e parâmetros físico-químicos. Após 12 horas do processamento obteve-se, nas

raízes em retalhos, 0,14, 0,38 e 0,70 $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ a 1, 5 e 10°C, respectivamente. No 10º dia, as raízes inteiras a 1°C apresentaram a menor taxa respiratória (5,72 $\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) e as raízes em retalhos a 10°C, a maior taxa (26,71 $\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$). Essas, também, apresentaram um decréscimo no teor de vitamina C. No quarto experimento, avaliaram-se embalagens de filme de PVC (14 e 17 μm de espessura) envolvendo bandejas de poliestireno expandido; filmes plásticos de polietileno de baixa densidade (PEBD) com 20 μm ; e embalagens de tereftalato de polietileno (PET), mantidas a 5°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) e 90% ($\pm 5\%$) UR por 10 dias, sendo realizadas análises de O_2 , CO_2 e físico-químicas. O teor de equilíbrio de O_2 nas embalagens de PVC foi de 12 e 11% para as espessuras 14 e 17 μm , respectivamente. O PEBD apresentou concentrações muito baixas de O_2 (0,08% no 8º dia), tendo como consequência processos fermentativos. Entre o 2º e 10º dia, o nível de CO_2 no interior da embalagem de PVC com 14 μm variou de 3,43 a 2,43%; na PET de 1,78 a 4% e no PEBD de 12 a 15,2%. Os valores de luminosidade (L^*), decresceram no decorrer do experimento, indicando escurecimento do produto. No quinto experimento foram estudados antioxidantes (ácido cítrico e ascórbico) em rabanete minimamente processado mantido a 5°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) e 90% ($\pm 5\%$) UR por 10 dias, avaliando-se taxa respiratória e análises físico-químicas. O tratamento com ácido ascórbico apresentou a maior taxa respiratória nas 4 primeiras horas após o processamento. No 10º dia, obteve-se 34,18; 30,54; 21,31 e 2,22 $\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ nos tratamentos com ácido ascórbico, ácido cítrico + ácido ascórbico, controle e ácido cítrico, respectivamente. Os valores de L^* , de maneira geral, foram decrescendo ao longo do armazenamento. Os valores de a^* mostraram que os tratamentos com ácido cítrico conferiram uma coloração fortemente avermelhada às raízes. Nenhum dos tratamentos evitou o escurecimento do rabanete minimamente processado.

FRESH CUT RADISHES: PHYSICOCHEMICAL, PHYSIOLOGICAL AND MICROBIOLOGICAL STUDIES

Author: JUAN SAAVEDRA DEL AGUILA

Adviser: Prof. Dr. RICARDO ALFREDO KLUGE

SUMMARY

This research was carried out with the objective to determine the physicochemical, physiological and microbiological alterations associated to the fresh cutting of radish. Five experiments were evaluated. In the first, respiratory rate and ethylene production were evaluated in radishes shredded, and stored at 5°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) and 90% ($\pm 5\%$) RH during 10 days. In the 10th day, the fresh cut radishes showed respiratory rate 149% higher if compared to the whole radishes (70.35 and 28.23 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, respectively). Ethylene production was not detected. In the second experiment, microbiological evaluations after the cut and in the 10th day, were carried out in fresh cut radishes submitted to one or two sanitation and stored at 5°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) and 90% ($\pm 5\%$) RH. The numbers of psychotropic bacteria in the treatment with two sanitations stayed on the acceptable limits. In the treatment with one sanitation it was obtained 5.8×10^6 CFU/g in the 10th of storage that is the maximum limit recommended. It was not detected the presence of total coliform and *Salmonella*. In the third experiment, it was studied two types of cut (slices and shredded) and three storage temperatures (1, 5 and 10°C). Respiratory rate, ethylene production and physicochemical parameters were evaluated during 10 days. After 12 hours of the processing, it was

obtained 0.14, 0.38 and 0.70 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ to 1, 5 and 10°C, respectively, in the shredded radishes. In the 10th day, the whole radishes at 1°C showed the lower smallest respiratory rate (5.72 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹), while whole radishes showed the higher rate at 10°C (26.71 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹). Also, in the last treatment it was verified a decrease in the contents of vitamin C. In the fourth experiment were evaluated different types of packages in fresh cut radishes stored at 5°C and 90% RH during 10 days. The packages used were: PVC films with 14 and 17 µm thickness overwrapping expanded polystyrene trays, low density polyethylene film (LDPE) with 20 µm thickness, and polyethylene terephthalate (PET). Concentrations of O₂ and CO₂ within package and physicochemical analysis were evaluated. The equilibrium concentration of O₂ in the package of PVC was 12 and 11% for the 14 and 17 µm thickness, respectively. The LDPE presented very low concentrations of O₂ (0.08% on the 8th day), having as consequence fermentative processes. From 2nd to 10th day, the level of CO₂ inside the packing of PVC film with 14 µm changed from 3.43 to 2.43%, in PET from 1.78 to 4% and in LDPE from 12 to 15.2%. The values of lightness (L*) decreased in all treatments during storage. In the fifth experiment, it were studied the use of antioxidants (citric and ascorbic acid) in fresh cut radishes, stored at 5°C and 90% RH during 10 days. Respiratory rate and physicochemical analysis were evaluated. The treatment with ascorbic acid presented the higher respiratory rate in the first 4 hours after the processing. In the 10th day, it was obtained 34.18; 30.54; 21.31 and 2.22 mL CO₂ kg⁻¹h⁻¹ in the treatments with ascorbic acid, citric acid + ascorbic acid, control and citric acid, respectively. The treatments with ascorbic acid showed an increment in TSS content on the 2nd day of storage. The values of L* decreased during cold storage. The values of the a* showed that treatments with citric acid presented a strongly red coloration in the roots minimally processed. None of the treatments have avoided the browning of the shredded fresh cut radishes cold stored.

1 INTRODUÇÃO

O rabanete (*Raphanus sativus* L.), apesar de ser uma cultura de pouca importância em termos de área plantada, é importante em inúmeras pequenas propriedades com grande diversidade de cultivo de hortaliças. Uma característica da cultura do rabanete é poder ser usada como cultura “cash”, entre outras de ciclo mais longo, com épocas definidas de plantio, pois, além de ser relativamente rústica, apresenta ciclo muito curto, cerca de 30 dias.

As raízes tuberosas de rabanete estão ganhando mercado no comércio de produtos minimamente processados, porém pouco se conhece do comportamento fisiológico das mesmas depois de embaladas.

O processamento mínimo de hortaliças foi introduzido no Brasil, na década de 90, por algumas empresas motivadas pelas tendências do mercado, que indicavam o crescimento da demanda por alimentos considerados de conveniência ou de fácil preparo.

Os alimentos minimamente processados são produtos “in natura” que tanto podem ser comercializados prontos para consumo, quanto também integrar, com facilidade, a preparação de uma ampla variedade de pratos.

O processamento mínimo inclui operações de seleção, lavagem, corte, sanitização, centrifugação, embalagem e armazenamento, de modo a obter um produto comestível fresco, saudável e que não necessite de subseqüentes trabalhos.

O processamento mínimo de hortaliças é uma atividade em franca expansão em médios e grandes centros urbanos, com tendência de crescimento em outras regiões do território brasileiro. Dentre outros objetivos, o processamento mínimo pretende satisfazer a necessidade crescente de maior consumo de frutas e hortaliças por parte da

população mundial, adaptando-se à tendência contemporânea de consumo de alimentos saudáveis e convenientes para uso em refeições domésticas e institucionais, em sociedades em que os indivíduos têm cada vez menos tempo para se dedicarem ao preparo de refeições (Moretti, 1999).

O tempo de conservação das frutas e hortaliças minimamente processadas é prejudicado, basicamente, por se tratar de um tecido vegetal vivo, que está respirando, ocorrendo várias reações químicas no produto. Algumas dessas reações, se não controladas, podem levar a uma rápida senescência e a alterações na qualidade do produto. Também, a proliferação microbiana deve ser retardada, para garantir a segurança e a aceitabilidade do produto.

Para poder aumentar a vida útil de frutas e hortaliças, tanto frescas quanto minimamente processadas, empregam-se métodos e tratamentos que diminuam a intensidade da respiração aeróbica e a população microbiana, reduzam a perda de umidade pelos tecidos, minimizem os danos mecânicos, inibam ou retardem a ação das enzimas e as reações de descoloração, e atrasem o amadurecimento e a senescência (Wiley, 1994).

A água contendo de 50 a 200 mg L⁻¹ de cloro é amplamente utilizada para sanitizar frutas e hortaliças frescas, bem como produtos minimamente processados, em escala comercial.

Apesar de ser um produto que tem despertado grande interesse, o conhecimento acerca de diversos processos metabólicos e fisiológicos associados com o processamento mínimo é ainda limitado.

Surge daí a necessidade do conhecimento das principais transformações fisiológicas e bioquímicas da matéria-prima, como suporte para a aplicação de tecnologias adequadas, para um maior desenvolvimento da agroindústria brasileira.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi determinar respostas fisiológicas, físico-químicas e microbiológicas associadas ao processamento mínimo do rabanete.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A Importância da Cultura do Rabanete

O rabanete é uma das plantas hortícolas mais antigas que se tem notícia, havendo registros de que ele seja cultivado há mais de três mil anos. Quanto à sua origem, há controvérsias. Há autores que o consideram proveniente da China, enquanto outros, originário do oeste asiático ou sul da Europa. Mas o que parece certo é que já era cultivado no antigo Egito, onde, hoje, até suas folhas são consumidas. Suas vagens carnosas, presentes na fase de florescimento, e que atingem mais de meio metro de comprimento, são aproveitadas pelos indianos, enquanto na China extrai-se o óleo de suas sementes (Minami & Netto, 1997).

Cientificamente, o rabanete é classificado como pertencente à divisão Spermatophyta, subdivisão Angiospermae, classe Dicotyledoneae, família Cruciferae, gênero *Raphanus*, espécie *Raphanus sativus*.

O rabanete é uma das hortaliças de ciclo mais curto que se conhece, pois em condições favoráveis, da sementeira à colheita, não leva mais do que 30 dias (Minami & Netto, 1997).

O rabanete tem inúmeras propriedades, atuando como diurético, antiescorbútico, estimulante da função das glândulas digestivas, estimulante do fígado – permitindo que, com o aumento da produção de bÍlis a digestão seja facilitada. Além disso, é uma ótima fonte de cálcio, fósforo, ferro e manganês, contendo, ainda, vitaminas B₁ e B₂, ácido nicotínico e vitamina C (Tabela 1) (Minami & Netto, 1994).

Tabela 1. Composição nutritiva do rabanete (por 100 g de matéria fresca)

Protídeos	0,86 g	Vit. A	30 UI	Cálcio	37 mg
Lipídeos	0,00 g	Vit. B ₁	30 mcg	Fósforo	31 mg
Glicídios	2,44 g	Vit. B ₂	20 mcg	Ferro	1 mg
Calorias	14,00 g	Vit. C	24 mg		

Fonte: Fersini, 1976.

Os principais cultivares comerciais, híbridos ou de polinização aberta são: Crimson Gigant, Akamura, Fogo, Comprido Vermelho, Selma, Cereja, Champion, Comet, Comprido Branco, Redondo Vermelho, Precoce Scarlet Globe, Sparkler Ponta Branca, Hib. Chierriete, Hib. Juliete, Hib. Crunchy, Hib. nº 19.

Sendo produzido e consumido em maior quantidade nas regiões sul e sudeste do Brasil, o rabanete pode ser comercializado tanto “in natura”, quanto minimamente processado, na forma de fatias finas embaladas em sacos plásticos com vácuo parcial. A produção de rabanete no país oscila em torno de 5.000 t ano⁻¹.

2.2 Considerações sobre o Processamento Mínimo de Vegetais

O conceito de vegetal minimamente processado se embasa em que estas recebam tratamentos que produzam mudanças pouco notáveis em relação ao produto fresco, em particular às nutritivas, organolépticas e àquelas relacionadas com sua facilidade de utilização ou conveniência. O produto está preparado para o uso imediato, com características quase idênticas ao estado fresco e em sua totalidade comestível, com o que o grau de aproveitamento pelo consumidor é ótimo.

A Associação Internacional de Produtos Minimamente Processados (IFPA) define estes como sendo frutas ou hortaliças que são modificadas fisicamente, mas que mantêm o seu estado fresco (Cantwell, 2000).

Os produtos vegetais minimamente processados se desenvolveram nos Estados Unidos (EUA), em meados da década de 70, para suprir os restaurantes de comida rápida e os denominados “bares de saladas”. Chegou na Europa (Suíça e Alemanha) no início dos anos 80, alastrando-se para a Inglaterra, França, Países Baixos e Itália.

Segundo Cantwell (1996) e Artes (2000), os benefícios potenciais para o consumidor dos produtos hortifrutícolas minimamente processados são muito interessantes, destacando-se:

- a redução no tempo de preparo;
- proporcionar uma qualidade mais uniforme e consistente;
- aumentar o acesso do consumidor aos produtos hortifrutícolas saudáveis;
- a facilidade de armazenamento, além de requerer menor espaço para o mesmo;
- requerer menor manipulação ao estar preparado para seu consumo imediato;
- proporcionar poucos resíduos ao ser comestível em sua totalidade e o aproveitamento pelo consumidor ser ótimo;
- apresentar características correspondentes aquelas do estado fresco.

Quanto às inconveniências ou preocupações para o consumidor Cantwell (1996) cita:

- as variações na qualidade (sensoriais, nutricionais e de segurança) no “tempo de prateleira”;
- a necessidade de um estrito controle da temperatura;
- requerimentos higiênicos e sanitários.

Uma pesquisa feita no Brasil em 2000 mostrou que o mercado nacional de produtos minimamente processados representava cerca de R\$ 100 milhões por ano. Nos Estados Unidos, esse mercado movimentava em torno de US\$ 10 bilhões por ano, o que representaria 11% de todo o mercado de frutas, legumes e verduras. Segundo Ferreira (2000), o mercado potencial brasileiro no segmento de produtos hortícolas minimamente processados pode crescer até cem vezes na primeira década do século XXI.

No estado de São Paulo, segundo recente pesquisa do Ministério da Integração Nacional, o consumo de frutas e hortaliças minimamente processadas perfaz 3% do montante dos mesmos consumidos na forma fresca (Embrapa, 2003).

2.3 Fatores que Influenciam a Qualidade de Vegetais Minimamente Processados

2.3.1 Qualidade do Vegetal

A qualidade vegetal é definida como o conjunto de características que diferenciam unidades de um produto e que tem significância na determinação do grau de aceitabilidade pelo consumidor (Chitarra, 1998).

Hoje, qualidade é traduzida como uma adaptação do produto às preferências do cliente, ou seja, o objetivo da qualidade é satisfazer o cliente. Há que se saber o que o cliente quer, prefere ou rechaça nos produtos (Cortez et al., 2002).

Os requisitos de qualidade se relacionam com o mercado de destino, armazenamento, consumo “in natura” ou processamento e são agrupados em três categorias: sensoriais, nutricionais e segurança, devendo ser considerados em conjunto, não só para satisfazer as preferências do consumidor, mas também, para proteção da saúde dos mesmos (Chitarra, 1998).

Surge daí a necessidade do conhecimento das principais transformações fisiológicas e bioquímicas da matéria-prima, como suporte para a aplicação de tecnologias adequadas, que não só contribuam para a redução das perdas pós-colheita, como também para um maior desenvolvimento da agroindústria no Brasil.

De acordo com Chitarra (1998), “vida de prateleira” do produto é o espaço de tempo no qual há manutenção da qualidade (aparência, cor, textura, sabor, aroma, valor nutritivo, segurança) em níveis aceitáveis para o consumo.

Não sobram dúvidas de que a obtenção de um produto final, que atenda às exigências de qualidade, demanda atenção para as características da matéria-prima a ser utilizada, com especial ênfase para o atributo qualidade.

2.3.2 Temperatura de Armazenamento

A temperatura de armazenamento tem um efeito significativo na perda de qualidade (Behrsing, 1998), sendo que baixas temperaturas conservam os alimentos,

retardando ou evitando o crescimento de microrganismos e, no caso dos alimentos frescos, inibindo a ação das enzimas autocatalíticas naturais (Herson & Hulland, 1980).

Temperaturas mais baixas de armazenamento retardam o metabolismo do vegetal através da diminuição de sua taxa respiratória e da redução de sua atividade enzimática (Chitarra & Chitarra, 1990). A respiração é o processo central da vida das células, o qual mede a liberação de energia através da quebra dos compostos de carbono e a formação dos esqueletos necessários para as reações sintéticas e manutenção do produto após a colheita. Este processo dá uma indicação geral do metabolismo do produto, indicando sua intensidade (Kays, 1991).

Com a redução da respiração há, conseqüentemente, uma diminuição nas perdas de aroma, sabor, textura, cor e demais atributos de qualidade dos produtos (Chitarra & Chitarra, 1990).

A vida útil durante o armazenamento varia inversamente com a taxa de evolução do calor produzido. Portanto, a diminuição da temperatura do produto vegetal logo após a colheita é fundamental para reduzir a respiração, a produção de etileno e a transpiração, principais fatores da deterioração fisiológica desses produtos. É indispensável o uso da refrigeração, devendo-se respeitar o limite mínimo suportado por cada tipo de produto, para evitar injúrias fisiológicas.

2.3.3 Umidade Relativa do Ambiente de Armazenamento (UR)

A colheita interrompe o suprimento de água para o órgão vegetal e, assim, a subsequente perda de água por transpiração determina, em grande parte, as perdas quantitativas e qualitativas dos produtos. Perdas de umidade entre 5 e 10% são suficientes para reduzir a qualidade da maioria das frutas e hortaliças. O resfriamento rápido desses produtos com manutenção de elevada umidade relativa no ambiente de armazenamento, são os meios mais adequados para reduzir a perda de umidade por transpiração de vegetais perecíveis (Finger & Vieira, 1997).

De maneira geral, perda de água excessiva afeta respiração, produção de etileno, degradação de clorofila e induz alterações no padrão de síntese de proteínas.

A taxa de perda de água pelos produtos hortícolas é função da interação entre fatores do meio e internos dos órgãos vegetais. A temperatura, umidade e velocidade do ar são fatores do meio determinantes do controle e da redução das perdas de água após a colheita de frutas e hortaliças. Porém, fatores inerentes aos produtos, como relação superfície/volume, natureza da superfície protetora e integridade física, também determinam, a taxa de difusão do vapor d'água do produto para o ambiente.

A troca gasosa entre determinado produto hortícola e o ambiente é influenciada pela razão entre a área e o volume do produto, ou seja, a superfície específica. Admitindo que a forma do produto seja constante, a superfície específica aumenta com a redução do tamanho. Logo, a perda de vapor d'água por transpiração será mais elevada para produtos com maior relação superfície/volume (Finger & Vieira, 1997).

Diversas medidas de controle de perda de água podem ser tomadas de modo a retardar ou prevenir o murchamento durante o armazenamento e a comercialização. Todas estas medidas objetivam reduzir a capacidade do ar circundante de absorver vapor d'água da superfície do produto. Tal efeito pode ser obtido pela redução da temperatura, elevação da umidade do ar e adição de barreiras protetoras que reduzem o movimento de vapor d'água para o exterior do produto.

A redução da temperatura promove diminuição na atividade respiratória dos produtos e redução na capacidade do ambiente em absorver umidade, com conseqüente redução da perda de água por transpiração.

A elevação da umidade do ar promove redução do gradiente de pressão de vapor entre o produto e o ambiente, reduzindo a transpiração e a quantidade de água necessária para saturar o ar ambiente (Wills et al., 1981).

2.3.4 Respiração

Respiração é o termo usado para caracterizar uma série de reações de oxidação-redução. Os produtos desta reação são gás carbônico, água, e, principalmente, energia, que é requerida nos processos essenciais dentro das células (Calegario, 2001). Além disso, a taxa respiratória também fornece uma indicação da taxa metabólica geral da

planta ou de parte dela, assim como perda de massa, teor de pigmentos, firmeza da polpa ou produção de etileno (Meir et al., 1992; Maharaj et al., 1999).

Na sua forma mais simples, a oxidação da glicose pode ser assim escrita:

Muita da energia gerada na respiração de produtos colhidos é perdida na forma de calor. No entanto, quantidades significativas são retidas pelas células em formas químicas que podem ser utilizadas para processos essenciais.

Todas as mudanças metabólicas que ocorrem depois da colheita são importantes, especialmente aquelas que exercem um efeito direto sobre a qualidade do produto. Entretanto, a posição central da respiração no metabolismo geral do vegetal e sua quantificação relativamente fácil permitem que esta seja utilizada como medida geral da taxa metabólica. Uma vez que um decréscimo na respiração durante o armazenamento é benéfico à manutenção da qualidade, uma determinação precisa da taxa respiratória se torna um importante fator na pesquisa de alimentos (Wareham & Persaud, 1999).

De acordo com Wiley (1994), a respiração do vegetal modifica a concentração de gases dentro das embalagens, aumentando a concentração de CO_2 e diminuindo as de O_2 e etileno (C_2H_4). Tais alterações podem diminuir a incidência de microrganismos, as desordens fisiológicas e as deteriorações bioquímicas, que, isoladas ou em conjunto, resultam em mudanças na coloração, na textura e no sabor. Altas concentrações de CO_2 alteram os processos respiratórios, pois inibem várias enzimas atuantes no ciclo de Krebs e outras responsáveis por oxidações, daí as reduções nas desordens fisiológicas e deteriorações bioquímicas.

2.3.5 Produção de Etileno

O etileno (C_2H_4) é um fitohormônio gasoso, ativo em baixas concentrações. Apresenta como precursor primário o aminoácido metionina, como intermediário o SAM (S-adenonosilmetionina) e como precursor imediato o ACC (ácido aminociclopropano carboxílico) (Kluge et al., 2002).

O etileno, quando se acumula no interior do produto ou no ambiente onde este se encontra, promove o aumento da respiração, estimula as atividades metabólicas e, conseqüentemente, reduz a vida útil da fruta ou da hortalixa.

Os danos mecânicos, os distúrbios fisiológicos, as doenças, o estresse hídrico, o próprio processo de amadurecimento dos produtos e temperaturas crescentes até 30°C, geralmente estimulam a produção de etileno. Por outro lado, a redução da temperatura até o limite seguro para cada espécie, e a redução da quantidade de O₂ para valores inferiores a 8%, ou a elevação da quantidade de CO₂ para valores acima de 2%, desde que seguros para cada espécie, reduzem a produção deste hormônio (Cortez et al., 2002).

O etileno produzido pelo estresse pode aumentar a permeabilidade das membranas celulares e talvez reduzir a biossíntese de fosfolipídios, o que prejudica o processo dinâmico de integridade de membranas e estrutura celular. Isto pode contribuir para a produção de aldeídos voláteis de cadeias longas, que são responsáveis pela “respiração estresse”, e determinar a rápida utilização de substratos de reserva (Watada et al., 1990).

2.3.6 Embalagem e Atmosfera Modificada

O armazenamento de alimentos sem uma proteção externa (embalagem) conduz à oxidação e à destruição de muitos nutrientes, inclusive das vitaminas (Gava, 1984). A embalagem funciona como a membrana que foi retirada com o processamento, reduzindo a perda de água, o ataque de microrganismos e outras reações.

O tipo de filme plástico utilizado na embalagem tem papel fundamental na modificação da atmosfera, devido a sua permeabilidade e aos seus coeficientes de difusão aos gases (Wiley, 1994). Os filmes plásticos de uso generalizado em pós-colheita são o cloreto de polivinil (PVC), o polietileno de baixa densidade (PBD) e o polietileno de alta densidade (PAD). Esses filmes apresentam diferentes graus de permeabilidade ao vapor d'água e aos gases CO₂, O₂ e C₂H₄. O filme de PVC apresenta maior permeabilidade ao vapor d'água, seguido do PBD e PAD (Finger & Vieira, 1997).

A escolha da embalagem não é importante apenas para manter o equilíbrio das concentrações de O₂ e de CO₂, mas também para minimizar o crescimento e difusão dos microrganismos e como consequência, aumentar a vida útil do produto (Wiley, 1994; Watada & Qi, 1999).

Cada vegetal tem uma atmosfera que maximiza sua durabilidade, mas em termos gerais, as atmosferas com 3 a 8% de O₂ e de 3 a 10% de CO₂ têm grande potencial para estender a vida útil dos produtos minimamente processados (Chitarra, 1998). O ar contém, normalmente, 21% de oxigênio (O₂) e apenas 0,03% de gás carbônico (CO₂). De modo geral, tanto a redução no teor de O₂, como o aumento na concentração de CO₂ reduzem a taxa de respiração.

A relação entre a taxa de respiração do produto e a taxa de permeabilidade das embalagens aos gases permite a modificação passiva da atmosfera ao redor do produto. Essa atmosfera modificada pode retardar a respiração, a senescência e, conseqüentemente, as alterações de qualidade advindas destes processos.

2.3.7 Escurecimento Enzimático e Inibidores

O principal parâmetro que dá idéia de qualidade a um produto é sua coloração, pois os consumidores já desenvolveram uma relação entre a cor e a qualidade máxima do produto (Kays, 1991). O processo de escurecimento enzimático é desencadeado quando ocorre a operação de corte durante o processamento, onde os substratos fenólicos, de localização vacuolar, entram em contato com as enzimas catalisadoras das reações de oxidações dos polifenóis (polifenoloxidase ou PPO), de localização citossólica e que estão associadas às estruturas de membranas dos plastídeos. O escurecimento enzimático ocorre quando os substratos fenólicos, as PPOs e o oxigênio se encontram em condições ideais de pH, temperatura e atividade da água (Artes et al., 1998).

A formação dos pigmentos escuros nas frutas e hortaliças ocorre devido a reações secundárias resultantes da interação de quinonas, culminando na formação de pigmentos escuros. Os pigmentos podem sofrer oxidações adicionais e interagir com

outros constituintes vegetais, tais como aminoácidos e proteínas, formando complexos coloridos. As quinonas reagem com grupos sulfidrilas da cisteína, grupo amino da lisina e aminoácidos N-terminais. Deste modo, a qualidade nutricional é prejudicada, em razão da indisponibilidade da lisina e de outros aminoácidos sulfurados (Artes et al., 1998).

O uso de antioxidantes ou inibidores deste escurecimento e agentes quelantes é uma das maneiras de se prevenir o escurecimento, enquanto a diminuição da pressão parcial de oxigênio por meio da atmosfera modificada constitui-se em outra. A cisteína tem sido utilizada com sucesso na prevenção do escurecimento, enquanto cloreto de cálcio, lactato de cálcio e ácido ascórbico têm sido reportados como eficazes na prevenção do escurecimento e amaciamento de frutas e hortaliças minimamente processadas (Gunes & Lee, 1997; Gorny et al., 1998; Agar et al., 1999; Dong et al., 2000; Gorny et al., 2002).

O efeito benéfico do ácido ascórbico atribui-se ao efeito de captar o oxigênio e protegê-lo, formando uma barreira que impede a difusão do oxigênio para o interior do produto, redução das quinonas geradas e inibição das PPOs (Artes et al., 1998).

2.3.8 Microrganismos Patógenos

A qualidade e a segurança de produtos minimamente processados dependem da contaminação inicial, e serão influenciadas pelas etapas de produção. A obtenção de um produto de qualidade e seguro para a saúde do consumidor requer o desenvolvimento de tecnologias avançadas que considerem os aspectos microbiológicos, fisiológicos, tecnológicos e sensoriais de todo o processo.

Reconhecendo a importância cada vez mais crescente da segurança de alimentos, Sant'Ana et al. (2002) realizaram levantamento dos perigos biológicos associados ao processamento de hortaliças minimamente processadas, tendo por base a legislação vigente. É importante esclarecer que a referida legislação intitula-se Brasil-Resolução Anvisa/MS e data de 12 de janeiro de 2001. Entre os resultados, merecem destaque a contagem elevada de coliformes e a presença de *Escherichia coli* em 62% e 26% das amostras, respectivamente. Sant'Ana et al. (2002) verificaram ainda que 33,3% das

amostras, encontravam-se em desacordo com os padrões microbiológicos legais vigentes (especialmente no que se refere à *Escherichia coli*). Os resultados obtidos mostram probabilidade elevada de ocorrência de toxinfecções alimentares. Os autores enfatizam que uma etapa crucial, como a sanitização, é crítica para a segurança do produto, necessitando, portanto, de um maior controle de tempo de exposição e concentração do sanitizante adotado.

Merecem registro também no que se refere aos pontos que representam perigo e riscos que não são controlados nos estabelecimentos de processamento, as condições de armazenamento nos pontos de venda, sendo a temperatura, a umidade relativa e a composição atmosférica no interior da embalagem, os fatores mais importantes que incidem sobre o efeito da estocagem na microbiota (Sant'Ana et al., 2002).

2.3.9 Sanitização

De acordo com a Resolução RDC nº 12 de 02/01/01, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) do Ministério da Saúde, a legislação sanitária de alimentos exige para hortaliças “in natura” ausência de *Salmonella* (em 25g de amostra) e, no máximo, 10^2 NMP (número mais provável) de coliformes fecais/g de produto para a preservação da saúde pública. Não se tem até o momento uma legislação sanitária para as frutas e hortaliças minimamente processadas, utilizando-se a resolução anteriormente citada como referência.

A sanitização é uma etapa de relevância no processamento mínimo, e o cloro, nas suas várias formas, é o sanitizante mais utilizado em alimentos. Os compostos à base de cloro são bactericidas que reagem com as proteínas da membrana da célula microbiana, interferindo no transporte de nutrientes e promovendo a perda de componentes celulares (Dychdala, 1991).

Geralmente, após o fatiamento, as frutas e hortaliças minimamente processadas são lavadas para remover o exsudado de células vegetais, que serve como um substrato para o crescimento de microrganismos. O excesso de água é removido por centrifugação, antes que o produto seja embalado.

A água contendo de 50 a 200 mg L⁻¹ de cloro é amplamente utilizada para sanitizar frutas e hortaliças frescas, bem como produtos minimamente processados, em escala comercial.

Fatores como pH, temperatura, matéria orgânica e concentração do sanitizante determinam a eficiência da solução à base de cloro (Dychdala, 1991). A manutenção do pH da solução entre 6,5 e 7,5 é de extrema importância para o sucesso da etapa de sanitização (Moretti, 2000). O pH próximo a 7,0 mantém o cloro na sua forma ativa de ácido hipocloroso (Brecht, 1995).

2.3.10 Valor Nutritivo

Registra-se que os minerais presentes nos alimentos são estáveis ao calor. Desse modo, as perdas desses nutrientes, encontrados nos alimentos, ocorrem, de forma predominante, durante as operações de descascamento, lavagem, corte e branqueamento. Pode ocorrer também a diminuição na disponibilidade de alguns íons como cálcio, ferro e zinco, pela interação com outros componentes dos alimentos, por exemplo, oxalatos, fitatos e taninos (Sales, 1988).

Da mesma forma que os minerais, perdas significativas de vitaminas hidrossolúveis ocorrem nas operações de processamento, como a lavagem, descascamento, branqueamento, etc. As vitaminas são, também, sensíveis ao pH do meio, à temperatura, à exposição à luz e ao oxigênio (Sales, 1988).

Em frutas e hortaliças minimamente processadas, existem vários tipos de reações oxidativas, nas quais os elétrons são removidos de átomos e moléculas que passam para sua forma reduzida. Essas reações causam escurecimento, descoloração de pigmentos endógenos, perda ou alterações do “flavor” dos produtos, alterações na textura, e perda nutricional, devido à parcial destruição de vitaminas A, C, D ou E, e de ácidos graxos essenciais, como o ácido linoléico (Wiley, 1994).

3 ALTERAÇÃO DO METABOLISMO RESPIRATÓRIO EM RABANETES MINIMAMENTE PROCESSADOS

Resumo

Este experimento visou determinar a taxa respiratória e a produção de etileno de raízes de rabanete minimamente processadas em comparação ao produto não processado durante armazenamento refrigerado. Estas taxas foram determinadas durante as 4 primeiras horas após o processamento e diariamente, por um período de 10 dias de armazenamento a 5°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) e 90% ($\pm 5\%$) UR. O delineamento experimental foi o inteiramente ao acaso, utilizando-se 10 repetições por tratamento, sendo cada uma composta de 130g de produto. Raízes de rabanete inteiras apresentaram a menor taxa respiratória (40,61 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹), enquanto que as raízes em retalhos apresentaram até 93,90 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ após 4 horas do processamento. As raízes de rabanete inteiras e as minimamente processadas apresentaram pico respiratório no 2º dia de armazenamento (99,27 e 170,32 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, respectivamente). Já no 10º dia de armazenamento, as raízes de rabanete minimamente processadas apresentaram uma taxa de respiração 149% superior à verificada nas raízes inteiras (70,35 e 28,23 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, respectivamente). As operações de processamento mínimo, principalmente o corte, ao elevar a taxa respiratória das raízes de rabanete, contribuem para a redução na vida útil desta hortaliça minimamente processada. Não foi detectado etileno nas raízes de rabanete minimamente processadas ou inteiras.

ALTERATION OF THE RESPIRATORY METABOLISM IN FRESH CUT RADISHES

Summary

This experiment was carried out with objective to determine the respiratory rate and ethylene production of fresh cut radish and of those not processed (whole radish) during cold storage. These rates were evaluated during the first 4 hours after the processing and daily, during 10 days at 5°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) and 90% ($\pm 5\%$) RH. It was used the completely randomized design with 10 replicates by treatment, and 130g of product in each replicate. Radishes not processed presented lower respiratory rate (40.61 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹) if compared to shredded radishes (93.90 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹) after 4 hours of the processing. The whole radishes and the fresh cut radishes showed the highest respiratory rate in the 2nd day of storage (99.27 and 170.32 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, respectively). On the 10th day of storage, the fresh cut radishes showed respiratory rate 149% higher than whole radishes (70.35 and 28.23 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, respectively). The minimal processing operations, mainly the cut, when enhance the respiratory rate, can reduce shelf life of fresh cut radishes. Ethylene was not detected in both processed or not radishes.

3.1 Introdução

Na busca de obter uma vida saudável, as pessoas estão mudando seus hábitos alimentícios, acrescentando, ao seu dia a dia, o consumo de vegetais de diferentes espécies e com propriedades nutricionais complementares. Assim mesmo, o ritmo de vida atual obriga a destinar cada vez menor tempo às atividades de refeição, pelo qual o processamento mínimo de vegetais surge como uma resposta tecnológica a esta nova necessidade de um setor da sociedade.

Segundo Acharam (1992), o rabanete é diurético, afrodisíaco, antiescorbútico, expectorante e desobstruente do fígado.

Do ponto de vista técnico, os produtos minimamente processados podem ser definidos como qualquer fruta ou hortaliça, ou combinação destas, que tenha sido fisicamente alterada, mas que permaneça no estado fresco. A idéia central é assegurar ao consumidor um produto sensorialmente ótimo, conveniente, livre de micróbios e com seu valor nutricional similar ao produto intacto.

Considerando que a maioria de técnicas de processamentos de alimentos estabiliza o metabolismo dos vegetais, alongam seu armazenamento e vida útil, o processamento mínimo de vegetais aumenta a perecibilidade destes.

O processamento mínimo provoca, inevitavelmente, injúrias aos tecidos. Essas injúrias causam imediatas e subseqüentes respostas físicas (perda de água e suco celular, alteração na difusão de gases, exposição a contaminantes) e fisiológicas (produção de etileno, aumento da taxa respiratória, reações oxidativas, indução da atividade de enzimas) tanto nas regiões injuriadas quanto nas adjacentes, o que acelera a deterioração do produto, reduzindo sua vida de prateleira. A taxa respiratória é um bom indicativo da intensidade dos danos causados aos tecidos durante as operações de processamento, pois o aumento da respiração é uma das respostas ao estresse.

Segundo FAO (1992), a respiração é um processo oxidativo pelo qual, complexos substratos armazenados nas células são degradados a moléculas mais simples (CO_2 e H_2O) com a liberação de energia, a qual é utilizada nas reações metabólicas necessárias para manter a organização celular, a permeabilidade das membranas, assim

como o transporte dos metabólicos dentro dos tecidos. O amido, outros polissacarídeos e os açúcares solúveis são os substratos principais da respiração vegetal. Em alguns casos são utilizados compostos de baixo peso molecular, como os ácidos orgânicos; gorduras e proteínas são substratos menos freqüentes.

O etileno (C_2H_4), composto orgânico mais simples que afeta as plantas, é um produto de seu metabolismo, sendo produzido por todos os tecidos vegetais e por alguns microrganismos. É considerado um hormônio de maturação e envelhecimento de vegetais, além de ser fisiologicamente ativo em quantidades iguais a $0,1 \mu L L^{-1}$. Do ponto de vista da pós-colheita, seus efeitos podem ser desejáveis ou indesejáveis (Abeles, 1973).

A conservação de frutas e hortaliças minimamente processadas é um processo especialmente complexo do qual participam as células vegetais danificadas, as intactas e as mortas ou inativadas. Em outras palavras, algumas células se encontram respirando a velocidade normal, as células danificadas a velocidades maiores e em interação com outras virtualmente mortas ou inativadas (Rolle & Chism, 1987).

Este experimento visou determinar a taxa respiratória e a produção de etileno de raízes de rabanete devido ao processamento mínimo e durante o armazenamento refrigerado.

3.2 Material e Métodos

3.2.1 Obtenção e acondicionamento do material experimental

Maços (folhas e raízes) de rabanete da variedade ‘Crimson gigante’, colhidos na região de Piracicaba-SP, foram transportados até o Laboratório de Pós-colheita do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - USP, onde foram selecionados quanto à firmeza, ausência de danos mecânicos e infecções visíveis. A temperatura do laboratório foi regulada para $18^{\circ}C$.

Posteriormente, os maços foram armazenados a $10^{\circ}C$ ($\pm 1^{\circ}C$) e 90% ($\pm 5\%$) UR por um período mínimo de 3 horas, até o processamento.

3.2.2 Processamento mínimo

As etapas de processamento mínimo foram realizadas a uma temperatura de 18°C, tendo sido utilizados equipamentos de proteção individual (EPI), como luvas, gorros, máscaras, aventais e botas, para sua perfeita realização. A seguir, são relacionadas as etapas do processamento, na denominada “área suja”:

a) Seleção 1

Com a utilização de uma faca bem afiada, as raízes de rabanete foram separadas das folhas, descartaram-se aquelas com problemas indesejáveis ao processamento.

b) Lavagem

Utilizando-se água corrente, as raízes selecionadas foram lavadas afim de que a matéria orgânica e demais impurezas aderidas ao produto fossem retiradas do mesmo.

c) Sanitização 1

Com o intuito de reduzir a carga microbiana presente neste órgão subterrâneo, estes foram submersos por 10 minutos em água contendo 200 mg L⁻¹ de Cloro ativo. O sanitizante utilizado foi o SUMAVEG, que contém como princípio ativo o Dicloro-S-Triazinatriona Sódica Diidratada e é fabricado pela Diversey Lever-Indústrias Gessy Lever Ltda. Com o auxílio de um escorredor foi retirado o excesso da água.

O material sanitizado e escorrido foi imediatamente levado para a câmara fria a uma temperatura de 10°C, a qual é denominada “área limpa”, e onde foram realizadas as demais etapas do processamento mínimo:

d) Preparo do material

Foram separados dois lotes, sendo que um sofreu o processamento mínimo (corte em retalhos), e o outro sofreu apenas uma limpeza (toalete), sendo retiradas as partes basais e apicais das raízes do rabanete, uma vez que estas não servem para o processamento. As raízes separadas para o processamento foram cortadas numa

processadora industrial (Robot Coupe®, CL50 version D), a qual realizou o corte do material em retalhos, com uma espessura de 2 mm e 2 cm de comprimento.

e) Enxágüe 1

Após o corte em retalhos, o material foi acondicionado em saco de nylon, e submerso em água destilada a 5°C, para resfriamento e retirada do suco celular resultante do corte. As raízes de rabanete não processadas foram submetidas ao mesmo processo.

f) Sanitização 2

Ambos os lotes de raízes de rabanete foram submersos em água destilada contendo 200 mg L⁻¹ de cloro ativo, por 3 minutos, com a finalidade de reduzir e/ou eliminar a carga microbiana ainda presente. O sanitizante utilizado foi o mesmo do item Sanitização 1.

g) Enxágüe 2

Depois de sanitizadas as raízes de rabanete foram submersas em água destilada, contendo 3 mg L⁻¹ de cloro ativo, por 1 minuto; retirando-se o excesso de cloro. Para minimizar os efeitos indesejáveis do corte sobre o metabolismo do produto utiliza-se água em baixa temperatura.

h) Retirada do excesso de Água

- **Escorrimento:** As raízes de rabanete não processadas foram colocadas em um escorredor para a saída do excesso de água.
- **Centrifugação:** O saco de nylon contendo as raízes de rabanete processadas foi introduzido em uma centrífuga por 1 minuto, na rotação média de 2.000 rpm, eliminando-se o excesso de água presente no produto em decorrência dos enxágües e da sanitização.

i) Seleção 2

Foram descartadas as raízes de rabanete não padronizadas para a comercialização.

j) Embalagem

Foram pesadas 130 g de raiz de rabanete minimamente processada ou não, sendo colocadas em frascos de vidro de 580 mL, cuja tampa fora perfurada e coberta com silicone (septo). No total foram preparados 10 frascos para cada tratamento (minimamente processado e inteiro).

k) Armazenamento

Os frascos foram armazenados na câmara fria, a uma temperatura de 5°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) e 90% ($\pm 5\%$) de umidade relativa (UR), por um período de 10 dias.

3.2.3 Determinações**3.2.3.1 Taxa respiratória**

Foram dispostos 130g de produto em frascos de vidro herméticos (580 mL) e armazenados a 5°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) e 90% ($\pm 5\%$) de UR. Na tampa dos frascos foi colocado um septo de silicone através do qual foi retirada uma alíquota da atmosfera interna dos mesmos (1 mL).

Essas amostras de gases foram injetadas em um Cromatógrafo a Gás, marca Thermoffinigan, modelo Trace 2000 GC, equipado com detector de ionização de chama (FID), com coluna Porapack N, de 2 m de comprimento. O hidrogênio foi utilizado como gás de arraste a 40 mL min⁻¹. As temperaturas mantidas no aparelho foram de 100°C para a coluna, 100°C no injetor, 250°C no detector e para o caso do CO₂ a 350°C no metanador. O dióxido de carbono (CO₂) foi quantificado pela calibração com padrões de 2150 $\mu\text{L L}^{-1}$ e 29900 $\mu\text{L L}^{-1}$ de CO₂.

Os resultados foram expressos em % de CO₂, e foram utilizados para o cálculo da taxa respiratória, levando-se em consideração o volume do frasco, a massa das raízes de

rabanete e o tempo em que o frasco permaneceu fechado. Após uma hora do processamento, a cada hora, durante um período de 4 horas, foi retirada uma amostra da composição gasosa do interior dos frascos e mediu-se a evolução de CO_2 , esta primeira leitura (após uma hora do processamento), corresponde ao tempo zero (0). Posteriormente, as leituras foram realizadas todos os dias durante 10 dias para os dois tratamentos. Os resultados foram expressos em $\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$.

3.2.3.2 Produção de etileno

Utilizando-se as mesmas amostras, os procedimentos no que se refere à coleta da amostra de gás e injeção da mesma no cromatógrafo a gás, foram semelhantes aos descritos no item anterior. A temperatura da coluna, do injetor e do detector foram de 100°C , 100°C e 250°C , respectivamente. O etileno (C_2H_4) foi quantificado pela calibração com o padrão de $1,94 \mu\text{L L}^{-1}$ de C_2H_4 .

Após uma hora do processamento, a cada hora, durante um período de 4 horas, foi retirada uma amostra da composição gasosa do interior dos frascos e mediu-se a evolução de C_2H_4 . Posteriormente, as leituras foram realizadas todos os dias durante 10 dias para ambos os tratamentos. Os resultados foram expressos em $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$.

O tempo de detecção (corrida) para ambos os gases (CO_2 e C_2H_4) foi de 1 minuto.

3.2.4 Análise dos resultados

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com 10 repetições para cada tratamento (raízes de rabanete minimamente processada em retalhos e inteiras). Os dados foram submetidos à análise de medidas repetidas, a qual é diferente das análises usuais de Variância, uma vez que foi obtida uma correlação significativa para o fator tempo de armazenamento. Considerando que a mesma unidade experimental foi utilizada durante todo o experimento, esta correlação foi medida usando o teste de esfericidade.

A comparação de médias entre os tratamentos foi feita univariadamente (para cada dia por separado), pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico SAS (SAS Institute, 1998).

3.3 Resultados e Discussão

O processamento mínimo causou alteração no metabolismo respiratório das raízes de rabanete, sendo que a taxa respiratória de raízes de rabanete minimamente processadas foi superior à verificada nas raízes não processadas. Entretanto, para ambos os tratamentos houve elevação durante as 4 primeiras horas após o processamento (Figura 1). Durante o armazenamento, obteve-se um pico de respiração em ambos os tratamentos, com posterior decréscimo (Figura 2).

Os picos respiratórios observados para as raízes de rabanete minimamente processadas e inteiras advêm do estresse provocado pelo corte. Este estresse provoca uma perda da compartimentação celular e, com isto, os substratos do metabolismo respiratório entram em maior contato com os complexos enzimáticos resultando num aumento da taxa respiratória (Purvis, 1997).

As raízes de rabanete inteiras apresentaram a menor taxa respiratória durante o período avaliado, atingindo valores de $40,61 \text{ mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ depois de 4 horas (Tabela 2). Por outro lado, as raízes minimamente processadas apresentaram elevação na atividade respiratória logo após o processamento mínimo, atingindo $93,90 \text{ mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ depois de 4 horas (Tabela 2). Moretti et al. (2000a) estudando pimentões minimamente processados armazenados a 2°C , encontraram elevação significativa da atividade respiratória logo após o processamento mínimo, sendo três vezes maior do que em frutos intactos armazenados sob as mesmas condições.

Figura 1 – Taxa respiratória de rabanetes inteiros e minimamente processados logo após o corte

Figura 2 – Taxa respiratória de rabanetes inteiros e minimamente processados durante o armazenamento refrigerado

A intensidade da respiração é um dos fatores determinantes na longevidade dos produtos hortícolas após a colheita, considerando que a respiração é um processo oxidativo das substâncias de reserva, levando o órgão à senescência (Wills et al., 1981).

No 1º dia de armazenamento, os rabanetes inteiros produziram 38,78 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, significativamente menos que os rabanetes minimamente processados, que produziam 92,53 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹. No último dia de armazenamento (10º dia), os rabanetes inteiros apresentaram, também, a menor taxa respiratória (28,23 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹), enquanto os minimamente processados a maior taxa de produção de gás carbônico (70,35 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹) (Tabela 3).

Tabela 2. Taxa respiratória (mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹) de rabanetes inteiros e minimamente processados, logo após o corte

Tratamentos	Horas a 5°C			
	1	2	3	4
Inteiro	17,35 b	26,93 b	34,48 b	40,61 b
Minimamente processado	35,40 a	55,79 a	76,67 a	93,90 a
CV (%)	10,16	16,95	11,63	12,21

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

Durante todos os 10 dias de armazenamento, as produções de gás carbônico dos rabanetes inteiros foram significativamente menores do que as observadas nos rabanetes minimamente processados, concordando com os resultados obtidos preliminarmente por Saavedra del Aguila et al. (2004c), que relatam taxas de respiração diferentes para rabanetes inteiros e minimamente processados, logo após o corte e durante 10 dias de armazenamento.

Tabela 3. Taxa respiratória (mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹) de rabanetes inteiros e minimamente processados, durante o armazenamento refrigerado

Tratamentos	Dias a 5°C										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inteiro	23,12 b	38,78 b	99,27 b	70,59 b	45,66 b	65,52 b	49,54 b	42,67 a	52,26 b	20,03 b	28,23 b
Minimamente Processado	35,40 a	92,53 a	170,32 a	145,23 a	118,23 a	125,57 a	88,11 a	59,81 a	80,44 a	57,18 a	70,35 a
CV (%)	12,27	21,76	26,61	23,82	25,05	20,78	20,31	26,76	21,61	20,82	25,80

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

Produção elevada de CO₂ imediatamente após o corte e decréscimo na evolução do CO₂ durante o período de armazenamento também foi verificada por Vitti (2003), em experimento com beterraba minimamente processada, armazenada a 5°C, nas 4 primeiras horas após o corte.

Os cortes devido ao processamento mínimo influenciaram o metabolismo das raízes de rabanete, sendo que os rabanetes minimamente processados apresentaram uma taxa respiração superior 149% aos rabanetes inteiros, no 10º dia de armazenamento.

Em nenhum dos dois tratamentos foram detectadas produções de etileno, indicando uma baixa produção deste gás, menor que 0,1 µL L⁻¹ C₂H₄ kg⁻¹ h⁻¹, limite mínimo de detecção de etileno pelo cromatógrafo utilizado. Estes níveis de etileno estão abaixo de 0,1 µL C₂H₄ kg⁻¹ h⁻¹, a partir do qual, este regulador de crescimento começa a ser fisiologicamente ativo e, portanto, sem interesse do ponto de vista de fisiologia e tecnologia de pós-colheita (Reid, 1992). Os dados deste experimento concordam com os relatados por Saavedra del Aguila et al. (2004a), que preliminarmente, também não detectaram produção de etileno em rabanete, quando foi minimamente processado em rodelas e armazenado a 1°C, 5°C e 10°C. Tampouco foi detectado etileno em rabanete minimamente processado em retalhos e armazenados a 5°C (Saavedra del Aguila et al., 2004c).

Apesar da biossíntese do etileno ser ativada pela ocorrência de danos físicos, nem todos os tecidos vegetais respondem a este estresse com aumentos significativos na produção deste hormônio (Salveit, 1998), ou esta é tão baixa que não é detectada.

3.4 Conclusão

- Raízes de rabanete minimamente processadas apresentam aumento na taxa respiratória durante o armazenamento refrigerado e esta alteração pode contribuir para a redução da vida útil do produto.

4 DETERMINAÇÃO DA MICROFLORA EM RABANETES MINIMAMENTE PROCESSADOS

Resumo

Este experimento visou comparar dois tratamentos de sanitização e identificar alguns microorganismos associados ao processamento mínimo da raiz de rabanete. Foram testados dois métodos de sanitização: 1) Sanitização convencional: raízes de rabanete minimamente processadas em retalhos receberam uma única sanitização, por 3 minutos em uma solução de 200 mg L⁻¹ de cloro ativo; 2) Sanitização adicional: raízes de rabanete minimamente processadas foram inicialmente sanitizadas na “área suja”, numa solução de 200 mg L⁻¹ de cloro ativo por 10 minutos, para posteriormente ingressar na “área limpa”, e receber uma segunda sanitização nas mesmas condições do tratamento 1. As análises microbiológicas foram realizadas em duas fases: a) após o corte; e b) no 10º dia de armazenamento a 5°C (±1°C) e 90% (±5%) UR. Para cada dia de análise foram utilizadas 4 repetições de 130g de raiz de rabanete minimamente processada. As contagens de bactérias psicrótróficas no tratamento 2 mantiveram-se dentro dos limites aceitáveis. No tratamento 1 obteve-se, no 10º dia de armazenamento, 5,8 x 10⁶ UFC/g, equivalente ao limite máximo recomendado. Não foi detectada a presença de coliformes totais e *Salmonella* em ambos os tratamentos. Conclui-se que uma primeira sanitização, com 200 mg L⁻¹ de cloro ativo por 10 minutos, é recomendável para a obtenção de raízes de rabanete minimamente processadas de qualidade até o 10º dia de armazenamento a 5°C, permitindo a comercialização do produto dentro do estabelecido pela legislação vigente de alimentos frescos.

DETERMINATION OF MICROORGANISMS ASSOCIATED TO THE FRESH-CUT RADISHES

Summary

This experiment was carried out with objective to compare two sanitation treatments and to identify some microorganisms associated to the fresh cut radishes. Two sanitation methods were evaluated: 1) Conventional sanitation: fresh cut radishes received a single sanitation, for 3 minutes in a solution of 200 mg L^{-1} of active chlorine; 2) Additional sanitation: fresh cut radishes were sanitized initially, in a solution of 200 mg L^{-1} of active chlorine for 10 minutes and later submitted to a second sanitation in the same conditions of conventional sanitation. The microbiological analysis were accomplished in two stages: a) just after the cut; and b) in the 10th day of storage at 5°C ($\pm 1^{\circ}\text{C}$) and 90% ($\pm 5\%$) RH. For every day of analysis 4 replicates of 130g of fresh cut radishes were used. The numbers of psychotropic bacteria in the additional sanitation stayed on the acceptable limits; but in the conventional sanitation it was observed in $5,8 \times 10^6 \text{ CFU/g}$ in the 10th of storage, equivalent to the maximum recommended limit. It was not detected the presence of total coliform and *Salmonella* in both treatments. It is possible to conclude that a first sanitation, with 200 mg L^{-1} of active chlorine for 10 minutes, is adequate to obtain desirable fresh cut radishes until the 10th day of storage to 5°C , allowing the commercialization of the product inside the period established for the effective legislation of fresh cut produce.

4.1 Introdução

Grandes mudanças no hábito do consumo de frutas e hortaliças vêm ocorrendo desde a última década. Os consumidores cada vez mais desejam produtos de elevada qualidade e que apresentem facilidades de preparo ou consumo. Para atender a essa demanda, as indústrias de processamento de alimentos lançaram no mercado frutas e hortaliças manipuladas de tal forma que seus tecidos vivos mantenham as características do produto fresco (Oliveira & Valle, 2000).

As frutas e hortaliças são nichos ecológicos para uma dinâmica e diversa microflora, que geralmente não incluem os tipos patogênicos ao homem. As frutas e hortaliças intactas são quase sempre seguras para consumo, em parte devido a sua casca superficial ser uma barreira física e química eficaz à maioria dos microorganismos. Em hortaliças de raízes, a microflora predominante é composta por organismos do solo. Já, a flora normal é composta por bactérias do gênero *Erwinia* e *Pseudomonas*, que tem geralmente a vantagem de serem competidoras sobre outros organismos que potencialmente poderiam ser prejudiciais aos seres humanos (Cantwell, 2004).

Nos produtos minimamente processados, os cortes da casca superficial e a disponibilidade de nutrientes proveniente do suco celular das células danificadas pelo processamento, fornecem o meio para o aumento no número e o tipo de microrganismos. Além disso, a manipulação dos produtos favorece uma maior oportunidade para a contaminação com organismos patogênicos.

O crescimento microbiano nos produtos minimamente processados é controlado, principalmente, com a utilização de hortaliças de ótima qualidade, sanitização e baixas temperaturas. A sanitização dos equipamentos e o uso de água tratada com cloro são procedimentos padrões. A temperatura baixa durante e após o processamento geralmente retarda o crescimento microbiano, mas pode selecionar o meio para o crescimento de organismos psicrotróficos, como a *Pseudomonas*. O excesso de umidade aumenta o crescimento microbiano, conseqüentemente, a remoção da água de lavagem e de sanitização pela centrifugação é crítica (Cantwell, 2004).

Assim, a sanitização dos produtos hortícolas minimamente processados desempenha importante papel na manutenção da qualidade do produto, diminuindo o número de microrganismos contaminantes presentes e aumentando seu período de vida de prateleira. Dentre os sanitizantes mais utilizados para assegurar a qualidade e a segurança microbiológica desses alimentos está o hipoclorito de sódio (Oliveira & Valle, 2000).

Mediante o exposto, este experimento visou identificar alguns microorganismos associados ao processamento mínimo de raízes de rabanete.

4.2 Material e Métodos

4.2.1 Obtenção do material experimental

Maços (folhas e raízes) de rabanete da variedade ‘Crimson gigante’, colhidos na região de Piracicaba-SP, foram transportados até o Laboratório de Pós-colheita do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - USP, onde foram selecionados quanto à firmeza, ausência de danos mecânicos e infecções visíveis. A temperatura do laboratório foi regulada para 18°C.

Posteriormente, os maços foram armazenados a 10°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) e 90% ($\pm 5\%$) UR por um período mínimo de 3 horas, até o processamento.

4.2.2 Processamento mínimo

As etapas de processamento mínimo foram realizadas a uma temperatura de 18°C, tendo sido utilizados equipamentos de proteção individual (EPI), como luvas, gorros, máscaras, aventais e botas, para sua perfeita realização.

Com exceção às etapas de sanitização, enfoque deste capítulo, e embalagem, apresentadas a seguir, as demais etapas do processamento mínimo das raízes de rabanete já foram descritas no Capítulo 3, item 3.2.2.

a. Tratamento 1 (Sanitização Convencional):

Rabanetes minimamente processados em retalhos receberam uma única sanitização, por 3 minutos em uma solução de 200 mg L⁻¹ de cloro ativo.

b. Tratamento 2 (Sanitização Adicional):

Rabanetes minimamente processados em retalhos foram inicialmente sanitizadas na “área suja”, numa solução de 200 mg L⁻¹ de cloro ativo por 10 minutos, para posteriormente ingressar na “área limpa”, e receber uma segunda sanitização por 3 minutos em uma solução de 200 mg L⁻¹ de cloro ativo. O sanitizante utilizado foi o SUMAVEG, este produto tem como princípio ativo o Dicloro-S-Triazinatriona Sódica Diidratada e é fabricado pela Diversey Lever-Indústrias Gessy Lever Ltda.

Para não haver problemas de contaminação cruzada entre os tratamentos, cada lote, tendo recebido a sanitização, passou por todas as etapas do processamento até a embalagem e armazenamento na câmara fria, a uma temperatura de 5°C (±1°C) e 90% (±5%) UR, por um período de 10 dias.

O produto foi embalado em bandejas de poliestireno expandido, com dimensões de 14 x 20 cm de largura e comprimento, respectivamente, envoltas com filmes de PVC (policloreto de vinila) com 14 µm de espessura, onde foram colocadas 130 g de raiz de rabanete minimamente processado. No total, foram preparadas 4 bandejas para cada tratamento.

4.2.3 Análise microbiológica

As análises microbiológicas se realizaram no dia do processamento e no 10º dia de armazenamento. A microbiota contaminante do rabanete minimamente processado foi avaliada pela presença ou ausência de *Salmonella*, contagem total de bactérias psicrotróficas e número mais provável (NMP) de coliformes totais.

a. Detecção de *Salmonella*

Para detecção de *Salmonella*, utilizou-se o Kit “1-2 test”, fabricado pela BioControl/USA. Trata-se de um método oficial aprovado pela AOAC (Association of Official Analytical Chemists International).

Foi feito um pré-enriquecimento de cada amostra analisada, inoculando-se 25g de raiz de rabanete minimamente processada em um erlenmeyer contendo 225 mL de caldo lactosado, estes foram incubados em estufa a 35°C por 24 horas. Com o pré-enriquecimento, a multiplicação da bactéria é favorecida.

Fez-se o preparo dos kits, compostos, cada um, de dois compartimentos. Uma amostra pré-enriquecida (0,1 mL) foi inoculada na câmara de inoculação, onde primariamente foi adicionada uma gota de solução de iodo-ioduro e removendo-se depois, com auxílio de uma pinça estéril, o tampão desta câmara. A câmara de motilidade contém um meio não seletivo. Esta câmara é fechada por uma pequena ponteira (que foi retirada) para formar um vão no gel, e adicionou-se uma gota da solução de anticorpos polivalentes anti-*Salmonella*. Incubaram-se os kits a 35°C por 24 a 48 horas.

A possível presença de *Salmonella* é caracterizada pela formação de uma imuno-banda na metade superior do gel na câmara de motilidade. Trata-se de uma banda branca que apresenta forma de U, formada pela aglutinação das células da bactéria com a solução de anticorpos.

b. Contagem total de bactérias psicrotróficas

Para a contagem de bactérias psicrotróficas (qualquer bactéria cujo ótimo de temperatura para crescimento situa-se acima de 20°C, porém toleram e crescem sob refrigeração), utilizou-se o meio Ágar Padrão para Contagem (PCA).

A partir da diluição de 10^{-1} até 10^{-3} , as raízes de rabanetes foram plaqueadas em profundidade, com 1mL de cada diluição em duplicata, acrescentando-se ± 20 mL do meio PCA; fazendo movimentos das placas em forma de 8 para homogeneizar o meio. Após o plaqueamento, as placas permaneceram em repouso até completa solidificação

do meio, sendo, então invertidas e incubadas a 7°C por 10 dias (Vanderzant & Splittstoesser, 1992).

Decorrido o tempo de incubação foram selecionadas as placas e fez-se a contagem das mesmas, com auxílio do contador de colônias tipo Quebec.

c. Número mais provável (NMP) de coliformes totais

Coliformes totais foram determinados pelo método do NMP, através da técnica dos Tubos Múltiplos, que consta de duas fases distintas: a fase do teste presuntivo, onde se busca detectar a presença de microrganismos fermentadores de lactose e onde é possível recuperar células injuriadas; e a fase do teste confirmativo, através do qual se determina a população real de coliformes totais e fecais.

Para o teste presuntivo foram utilizadas séries de cinco tubos de ensaio, cada um contendo um tubo de Durham e caldo Lauril, o caldo é fermentado pelas bactérias do grupo coliforme, com produção de ácido e gás.

Uma amostra contendo 50 g foi batida no liquidificador com 450mL de água peptonada, equivalente a diluição 10^{-1} ; foram pipetados 10mL da diluição anterior, a qual foi completada com 90mL de água peptonada, perfazendo a diluição de 10^{-2} ; para finalizar as diluições, foram pipetados 10mL da diluição de 10^{-2} , completando-se a mesma com 90mL de água peptonada, perfazendo a diluição de 10^{-3} .

De cada diluição foi retirada 1mL que foi colocado em tubos de ensaio que foram incubados em estufa a 35°C, por 24 a 48 horas.

4.3 Resultados e Discussão

A contagem inicial de bactérias psicrotróficas foi de $6,4 \times 10^3$ UFC/g para o tratamento com sanitização convencional e de $5,0 \times 10^2$ UFC/g para o tratamento com uma sanitização adicional (Tabela 4), ao passo que no 10º dia de armazenamento as contagens obtidas aumentaram para valores próximos de $5,8 \times 10^6$ UFC/g e $2,2 \times 10^5$ UFC/g, para o tratamento convencional e o com sanitização adicional, respectivamente. Vitti (2003) encontrou aumento na população de microrganismos psicrotróficos em

beterraba minimamente processada, de $2,62 \times 10^2$ para $2,04 \times 10^4$ UFC/g, após 10 dias de armazenamento do produto a 5°C. Pilon (2003) observou aumento de 10^2 para 10^5 UFC/g na contagem de microrganismos psicrotróficos em amostras de cenoura minimamente processadas armazenadas a 1°C.

Tabela 4. Contagem total de bactérias psicrotróficas, em rabanetes minimamente processados, utilizando-se a metodologia convencional (PCA)

Tratamentos	Dias a 5°C*	
	zero	10
Sanitização convencional	$6,4 \times 10^3$	$5,8 \times 10^6$
Sanitização adicional	$5,0 \times 10^2$	$2,2 \times 10^5$

* Os resultados obtidos representam a média aritmética das UFC (unidades formadoras de colônias/g de produto).

Não foram detectados coliformes totais em nenhum dos tratamentos, durante 10 dias de armazenamento refrigerado (Tabela 5), o que sugere ausência de tais microrganismos na matéria-prima e indica que o processamento foi conduzido sob condições higiênico-sanitárias adequadas. Resultados similares foram obtidos por Vitti (2003), trabalhando com beterraba minimamente processada em retalhos e armazenada a 5°C.

Embora não existam, na legislação brasileira vigente, padrões para bactérias psicrotróficas totais e coliformes totais, tem sido preconizado que alimentos contendo contagens microbianas acima de 10^5 e 10^6 UFC/g podem ser impróprios para o consumo humano, devido à perda de valor nutricional, alterações organolépticas, riscos de deterioração e toxinfecções (Caruso & Camargo, 1984). Não foi observada presença de coliformes totais nos tratamentos aplicados. Outrossim, para as bactérias psicrotróficas, o tratamento com sanitização adicional apresentou limite inferior ao descrito anteriormente, enquanto que para o tratamento convencional, observou-se limite superior ao máximo recomendado (Tabela 4).

Não foi detectada a presença de *Salmonella* em nenhum dos tratamentos analisados. Tais resultados qualificam as amostras analisadas em acordo com a Resolução RDC Nº12 de 02 de janeiro de 2001, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) do Ministério da Saúde, que estabelece para hortaliças “in natura” a ausência de *Salmonella* (em 25g de produto), visando a preservação da saúde pública.

Vitti (2003) também obteve ausência de *Salmonella* em beterraba minimamente processada armazenada a 5°C.

Como não foi observada presença de bactérias coliformes totais e de *Salmonella* nas amostras dos tratamentos analisados, ficou evidenciado a importância de se utilizar matéria-prima de qualidade, segura do ponto de vista microbiológico e dos cuidados higiênico-sanitários realizados durante as etapas de processamento do produto, enquadrando-o nos padrões microbiológicos vigentes no país.

4.4 Conclusão

- A utilização de uma sanitização adicional com duração de 10 minutos na “área suja”, com 200 mg L⁻¹ de cloro ativo, antes da entrada do produto na “área limpa”, adicionado ao fluxograma convencional de preparo da raiz de rabanete minimamente processada é recomendado para assegurar um produto de qualidade.

5 PROCESSAMENTO MÍNIMO DE RABANETE UTILIZANDO DIFERENTES TIPOS DE CORTE E TEMPERATURAS DE ARMAZENAMENTO

Resumo

Este experimento teve como objetivo estudar diferentes tipos de corte e temperaturas de armazenamento, visando manter a qualidade e aumentar o tempo de conservação da raiz de rabanete minimamente processada. Foram estudados dois tipos de corte (em rodela e em retalhos), além de raízes de rabanete inteiras. O produto foi armazenado a 1°C, 5°C e 10°C durante 10 dias, sendo avaliados, diariamente, taxa respiratória e produção de etileno e, a cada dois dias, os parâmetros físico-químicos (teor de sólidos solúveis totais, perda de matéria fresca, acidez titulável, teor de ácido ascórbico e coloração). O delineamento experimental foi o inteiramente ao acaso, sendo utilizadas 4 repetições de 130g por tratamento para as análises físico-químicas, e 6 repetições para quantificação da taxa respiratória e produção de etileno. Nas raízes em retalhos, após 12 horas do processamento, foram obtidos 0,14, 0,38 e 0,70 $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ a 1, 5 e 10°C, respectivamente. No 10º dia, as raízes inteiras a temperatura de 1°C, apresentaram a menor taxa respiratória (5,72 $\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$), enquanto que nas raízes em retalhos, a maior taxa (26,71 $\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) foi observada a 10°C. Quanto ao teor de sólidos solúveis totais, as raízes em retalhos apresentaram menores valores durante o armazenamento nas três temperaturas. A perda de matéria fresca aumentou com o aumento do tempo de conservação e temperatura. Poucas diferenças foram observadas nos teores da acidez titulável. Obteve-se um decréscimo no teor vitamina C das raízes em retalhos, no armazenamento a 10°C. Em relação ao valor inicial de luminosidade

(L*), as raízes em retalhos apresentaram os menores valores nas três temperaturas durante o armazenamento. Os valores de a^* para as raízes em retalhos iniciaram-se com -0,55 e finalizaram-se com 3,61, 4,70 e 5,33 a 1, 5 e 10°C, respectivamente. No início do experimento obteve-se 3,90 para o valor de b^* , enquanto que, no 10º dia de armazenamento, estes valores para as raízes em rodela e em retalhos foram de 8,69 e 7,45 a 5°C, e 8,09 e 9,40 a 10°C, respectivamente. As temperaturas de 1°C e 5°C são as mais indicadas para conservação e manutenção da qualidade da raiz de rabanete minimamente processada.

FRESH CUT RADISH USING DIFFERENT CUT TYPES AND STORAGE TEMPERATURES

Summary

This experiment had as objective to study different types of cut and storage temperatures, in the maintenance of quality of fresh cut radish during storage. Two types of cut (slice and shredded), besides and three storage temperature (1°C, 5°C and 10°C), were studied during 10 days. Whole radish was used as control. Respiratory rate and ethylene production were evaluated everyday while physicochemical parameters (content of total soluble solids, loss of dry material, titratable acidity, content of ascorbic acid and color) were evaluated each two days. It was used the completely randomized design, with 4 replicates of 130g each treatment for the physicochemical analyses, and 6 replicates for quantification of the respiratory rate and ethylene production. After 12 hours from processing, shredded roots have produced 0.14, 0.38 and 0.70 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ at 1, 5 and 10°C, respectively. In the 10th day, the whole roots stored at 1°C showed the lower respiratory rate (5.72 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹) while the higher rate was observed in shredded roots stored at 10°C (26.71 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹). Shredded radishes showed lower soluble solids content during storage if compared with other cut types. The loss of fresh

matter enhanced with the increase of the storage time and temperature. Few variations were observed in the acidity. It was observed a decrease in the content of vitamin C in the shredded roots stored at 10°C. In relation to initial value of lightness (L^*), the shredded roots showed lower values during storage at three temperatures. The values of the a^* for the shredded roots began with -0.55 and have finished with 3.61, 4.70 and 5.33 at 1, 5 and 10°C, respectively. In the beginning of the experiment it was obtained 3.90 for the value of b^* , but in the 10th day of storage these values for the sliced and grated roots were of 8.69 and 7.45 at 5°C, and, 8.09 and 9.40 at 10°C, respectively. The temperatures of 1°C and 5°C are the most recommended for better conservation and maintenance of the quality of the fresh cut radishes.

5.1 Introdução

A utilização de produtos minimamente processados é recente no Brasil, tendo sido iniciada a sua produção na década de 90, por algumas empresas atraídas pela nova tendência de mercado.

Órgãos de reserva, como bulbos, raízes, tubérculos e rizomas, que naturalmente possuem uma vida de pós-colheita relativamente longa (Kasmire & Cantwell, 1992), passam a ser altamente perecíveis, quando submetidos ao processamento mínimo, com uma vida de prateleira muito curta. Batatinhas podem ser armazenadas até 10 meses a 5°C (Kasmire & Cantwell, 1992), porém, quando minimamente processadas em “palitos” e armazenadas a 5°C, possuem uma capacidade de armazenamento de apenas 2 semanas (O’Beirne & Ballantyne, 1987).

As hortaliças minimamente processadas são biológica e fisiologicamente ativas, no sentido de que seus tecidos permanecem vivos e respirando. O corte das hortaliças, por exemplo, causa mudanças fisiológicas associadas a injúrias mecânicas ou ferimento dos tecidos vegetais, reduzindo sua vida de prateleira (Rolle & Chism, 1987).

A temperatura tem um efeito bastante característico sobre a respiração de frutas e hortaliças. Quando o calor aumenta, a velocidade respiratória também aumenta. Assim a

vida de armazenamento varia inversamente com a taxa de evolução do calor produzido. Portanto, o abaixamento da temperatura do produto vegetal logo após a colheita é fundamental para reduzir a respiração, a produção de etileno e a transpiração, principais fatores da deterioração fisiológica desses produtos. Além do armazenamento, todas as operações, como, o corte e a sanitização, devem ser realizadas em temperaturas baixas a fim de manter a qualidade, reduzir a contaminação microbiana, reduzir o escurecimento enzimático e os demais processos metabólicos (Cantwell, 1996; Cortez et al., 2002).

O efeito dos cortes ou injúrias sobre as membranas celulares do vegetal é descrito por Chitarra (1998), que relata que a injúria provoca o rompimento de organelas, modifica a permeabilidade da célula, provoca uma desorganização celular, ativando a síntese do etileno e aumentando a respiração. No momento do corte, os ácidos graxos livres (poliinsaturados) reagem com o O_2 por meio da lipoxigenase, formando hidroperóxidos, que levam à perda do valor nutritivo e causam alterações desagradáveis no sabor e no aroma, com a formação de pigmentos escuros. Como consequência da indução da síntese de etileno e do aumento da respiração, têm-se diferenças no grau de maturação entre os tecidos injuriados e não injuriados, aumento na perda de água (exsudação), aceleração nas reações de defesa do tecido, modificações na qualidade do produto e redução na vida de prateleira dos mesmos.

O incremento na taxa respiratória possivelmente está relacionado ao aumento da área superficial exposta à atmosfera, decorrente do corte, que permite a rápida difusão do O_2 para o interior das células, assim como ao aumento na atividade metabólica das células danificadas (Zagory, 1998).

A injúria mecânica causada pelo corte ou descascamento é um dos maiores obstáculos para a conservação dos produtos minimamente processados, sendo que a taxa respiratória destes produtos é de 3 a 5 vezes maior que em órgãos intactos (Chitarra, 1998). Acredita-se que este aumento nas taxas respiratórias de produtos minimamente processados é consequência do nível elevado de etileno produzido por tecidos vegetais que sofreram danos físicos (Abeles et al., 1992).

Com a redução da respiração há uma redução nas perdas de aroma, sabor, textura, cor e demais atributos de qualidade dos produtos (Chitarra & Chitarra, 1990).

Visando manter a qualidade e aumentar o tempo de conservação das raízes de rabanete minimamente processadas, este experimento teve como objetivo estudar dois tipos de corte e três temperaturas de armazenamento.

5.2 Material e Métodos

5.2.1 Obtenção e acondicionamento do material experimental

Maços (folhas e raízes) de rabanete da variedade ‘Crimson gigante’, colhidas na região de Piracicaba-SP, foram transportadas até o Laboratório de Pós-colheita do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - USP, onde foram selecionados quanto à firmeza, ausência de danos mecânicos e infecções visíveis. A temperatura do laboratório foi regulada para 18°C.

Posteriormente, os maços foram armazenados a 10°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) e 90% ($\pm 5\%$) UR por um período mínimo de 3 horas, até o processamento.

5.2.2 Processamento mínimo

As etapas de processamento mínimo foram realizadas a uma temperatura de 18°C, tendo sido utilizados equipamentos de proteção individual (EPI), como luvas, gorros, máscaras, aventais e botas, para sua perfeita realização.

As etapas de seleção 1, lavagem e sanitização 1 seguem os mesmos padrões daqueles já descritos no Capítulo 3, item 3.2.2. As etapas intermediárias de preparo do material são descritas a seguir:

Preparo do material: Foram separados 3 lotes de raízes de rabanete, o primeiro sendo cortado em retalhos, o segundo em rodela e o terceiro mantido inteiro. Neste último tratamento, com o auxílio de facas bem afiadas de aço inoxidável, foram retiradas as partes basais e apicais das raízes de rabanete, que não servem para o processamento.

Os lotes reservados para o processamento, foram cortados numa processadora industrial (Robot Coupe® CL50 version D) com disco de espessura de 2 mm. No lote 1, realizou-se o corte em retalhos, enquanto no lote 2, em rodela, com uma espessura de 2 mm e 2 cm de comprimento e/ou diâmetro.

Também as etapas de enxágüe 1, sanitização 2, enxágüe 2, retirada do excesso de água e seleção 2 são descritas no Capítulo 3, item 3.2.2.

Para a embalagem, foram preparados 6 frascos de vidro de 580 mL, contendo um septo de silicone na tampa, para cada tratamento (raízes de rabanete em retalhos, em rodela e inteiras). Também foram utilizadas bandejas de poliestireno expandido, com dimensões 14 x 20 cm de largura e comprimento, respectivamente, envoltas com filmes de PVC (policloreto de vinila) com 14 µm de espessura.

No armazenamento, tanto os frascos, quanto as bandejas foram colocados em câmaras frias a diferentes temperaturas, 1°C, 5°C e 10°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) e 90% ($\pm 5\%$) UR, por um período de 10 dias.

5.2.3 Determinações

As avaliações foram realizadas durante 10 dias de armazenamento, sendo diárias para as avaliações de taxa respiratória e produção de etileno, e a cada dois dias para as análises físico-químicas.

5.2.3.1 Taxa respiratória

Para cada tipo de corte, foram dispostos 130g de produto em frascos de vidro herméticos (580 mL), e armazenados a 1°C, 5°C e 10°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) e 90% ($\pm 5\%$) UR. Na tampa dos frascos foi colocado um septo de silicone através do qual foi retirada uma alíquota da atmosfera interna dos mesmos (1 mL).

Os procedimentos utilizados para a determinação da taxa respiratória são descritos no Capítulo 3, item 3.2.3.1.

5.2.3.2 Produção de etileno

Seguindo-se os mesmos procedimentos descritos no Capítulo 3, item 3.2.3.2, para produção de etileno, foram realizadas leituras todos os dias, durante 10 dias, avaliando-se a evolução de C_2H_4 para os 3 tratamentos.

5.2.3.3 Teor de sólidos solúveis totais (SST)

Após trituração de cada amostra em multiprocessador doméstico, uma gota do suco proveniente desta foi colocada em um refratômetro digital manual Atago, com a leitura sendo feita em °Brix (Carvalho et al., 1990).

5.2.3.4 Perda de matéria fresca

Foi determinada pela diferença entre as massas iniciais e finais de cada repetição, sendo os resultados expressos em % de perda de matéria fresca.

5.2.3.5 Acidez titulável

Foi determinada por titulação com NaOH 0,1 N até pH 8,1, com os resultados expressos em % de acidez (Carvalho et al., 1990).

5.2.3.6 Teor de ácido ascórbico (vitamina C)

Foram tomados 10g da amostra e colocados em frasco Erlenmeyer contendo 50mL de solução de ácido oxálico. A titulação foi efetuada com o indicador DCFI (2,6-diclorofenol indolfenol-sódico) até atingir a coloração rosada, persistente por 15 segundos (Carvalho et al., 1990). Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100g de amostra.

5.2.3.7 Coloração

Os valores de luminosidade (L^*), a^* e b^* foram determinados por um colorímetro, marca Minolta. As leituras foram realizadas diretamente sobre o produto minimamente processado e sobre o produto inteiro (previamente cortado para esta avaliação).

5.2.4 Análise dos resultados

Para as análises físico-químicas, o delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com quatro repetições para cada tratamento. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico SAS (SAS Institute, Inc., 1998).

Para as determinações de taxa respiratória e produção de etileno, o delineamento experimental utilizado também foi o inteiramente casualizado, porém com seis repetições por tratamento. Os dados foram submetidos à análise de medidas repetidas, que é diferente das análises usuais de variância, uma vez que se obteve uma correlação significativa para o fator tempo de armazenamento. Uma vez que a mesma unidade experimental foi utilizada durante todo o experimento, esta correlação foi medida usando o teste de esfericidade.

A comparação de médias entre os tratamentos foi feita univariadamente (para cada dia em separado), pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se também o programa estatístico SAS (SAS Institute, 1998).

5.3 Resultados e Discussão

5.3.1 Taxa respiratória

As taxas respiratórias das raízes de rabanete minimamente processadas e inteiras, armazenadas nas diferentes temperaturas, apresentaram máxima atividade respiratória na primeira hora, seguida de um decréscimo (Figuras 3, 4, 5 e Tabelas 5, 6 e 7). Este decréscimo na atividade respiratória variou, a 1°C, de um valor inicial de 22,24, 18,71 e 16,22 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ na primeira hora, para 8,35, 7,58 e 6,40 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ na 4ª hora após o processamento, nas raízes em retalhos, em rodela e inteiras, respectivamente. Na temperatura de 10°C, as raízes em retalhos, em rodela e inteiras após 4 horas do processamento, apresentaram 15,41, 16,11 e 8,61 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹.

Figura 3 – Taxa respiratória (mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹), de rabanetes minimamente processados e inteiros, logo após o processamento e armazenamento a 1°C

Figura 4 – Taxa respiratória (mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹), de rabanetes minimamente processados e inteiros, logo após o processamento e armazenamento a 5°C

Figura 5 – Taxa respiratória (mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹), de rabanetes minimamente processados e inteiros, logo após o processamento e armazenamento a 10°C

Tabela 5. Taxa respiratória (mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹), de rabanetes minimamente processados e inteiros, logo após o processamento e armazenamento a 1°C

Tratamentos	Horas a 1°C			
	1	2	3	4
Retalhos	22,24 a	13,31 a	10,47 a	8,35 a
Rodelas	18,71 b	12,28 a	9,83 a	7,58 ab
Inteiros	16,22 b	11,51 a	9,08 a	6,40 b
CV (%)	8,73	10,31	11,92	14,98

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

Tabela 6. Taxa respiratória (mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹), de rabanetes minimamente processados e inteiros, logo após o processamento e armazenamento a 5°C

Tratamentos	Horas a 5°C			
	1	2	3	4
Retalhos	20,36 a	15,50 a	13,77 a	11,26 a
Rodelas	16,75 b	13,85 a	12,34 a	10,02 ab
Inteiros	16,41 b	12,65 a	10,61 a	8,13 b
CV (%)	9,56	15,09	17,27	19,21

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

Tabela 7. Taxa respiratória (mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹), de rabanetes minimamente processados e inteiros, logo após o processamento e armazenamento a 10°C

Tratamentos	Horas a 10°C			
	1	2	3	4
Retalhos	21,79 a	19,43 a	17,89 a	15,41 a
Rodelas	21,60 a	20,22 a	19,02 a	16,11 a
Inteiros	15,02 b	12,43 b	11,05 b	8,61 b
CV (%)	14,85	16,84	18,17	18,45

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

Avaliando-se as raízes em retalhos e em rodelas, somente foram observadas diferenças significativas entre ambas, nas temperaturas de 1°C e 5°C, na primeira hora após o processamento. Durante as 3 horas subseqüentes, ambos os tipos de corte apresentaram-se estatisticamente iguais.

As raízes inteiras apresentaram menor taxa respiratória que as minimamente processadas, tendo sido este fato mais evidente a 10°C, principalmente para as primeiras 4 horas após o processamento.

Pineli et al. (2004), estudando a atividade de batatas ‘Agata’ minimamente processadas armazenadas sob diferentes temperaturas, observaram que as batatas cortadas apresentaram, em média, um aumento de 77% na taxa de evolução de CO_2 em relação a batatas intactas armazenadas a 5°C , enquanto as batatas processadas armazenadas a 15°C apresentaram taxa de evolução de CO_2 , em média, 66% maior do que as armazenadas a 5°C .

Watada et al. (1996), ao avaliar o comportamento da taxa respiratória em frutas e hortaliças pré-cortadas e refrigeradas a 0, 5, 10 e 20°C , também observaram que estes produtos, geralmente, apresentavam valores mais elevados que os produtos intactos.

No 1º dia de armazenamento, as raízes cortadas em retalhos e rodela e as mantidas inteiras produziram 12,22, 9,99 e 7,96 $\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ a 1°C ; 22,34, 16,54 e 11,67 $\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ a 5°C ; 34,10, 27,93 e 15,25 $\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ a 10°C , respectivamente. No último dia de armazenamento (10º dia), as raízes inteiras armazenadas a 1°C foram as que apresentaram a menor taxa respiratória (5,72 $\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$), enquanto as cortadas em retalhos e armazenadas a 10°C , a maior taxa de produção de gás carbônico (26,71 $\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) (Figuras 6, 7, 8 e Tabelas 8, 9 e 10).

Figura 6 – Taxa respiratória ($\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$), de rabanetes minimamente processados e inteiros, durante o armazenamento refrigerado a 1°C

Figura 7 – Taxa respiratória (mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹), de rabanetes minimamente processados e inteiros, durante o armazenamento refrigerado a 5°C

Figura 8 – Taxa respiratória (mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹), de rabanetes minimamente processados e inteiros, durante o armazenamento refrigerado a 10°C

O aumento da temperatura (Q_{10}) eleva a atividade das enzimas da respiração o que faz com que mais CO₂ seja produzido.

Preliminarmente, Saavedra del Aguila et al. (2004a), trabalhando com rabanetes minimamente processados em rodela e armazenados a 1, 5 e 10°C, verificaram que o produto armazenado a 1°C e 5°C, apresentaram taxa respiratória semelhante nos primeiros dias de armazenamento, apresentando ao 6º dia, produções de 24,18 e 23,57 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, respectivamente, enquanto que a 10°C apresentaram maior taxa respiratória, 41,66 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹.

Sasaki et al. (2004c), em pesquisa com abóbora minimamente processada armazenada a 1, 5 e 10°C, encontraram que as abóboras armazenadas a 10°C apresentaram maior taxa respiratória, atingindo valores de 18,18 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, enquanto que as mesmas armazenadas a 1°C e 5°C atingiram valores de 14,36 e 12,94 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, respectivamente.

Estudos realizados com cenouras inteiras e fatiadas, mantidas a 0 e 10°C, demonstraram a importância das baixas temperaturas na redução do processo respiratório desta hortaliça e, conseqüentemente, de seu metabolismo. Cenouras inteiras produziram 3,7 e 5,2 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ a 0°C e 10°C, respectivamente, ou seja, uma respiração 40,54% superior à temperatura de 10°C. As fatiadas produziram 6,0 e 10,0 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ a 0°C e 10°C, respectivamente, ou seja, uma respiração 66,67% superior (Cantwell, 1995).

Estudando o efeito da temperatura (0, 5 e 10°C) na conservação de agrião minimamente processado, Arruda et al. (2003) verificaram que à temperatura de 10°C, a taxa respiratória foi aproximadamente 2 vezes maior que a 0°C durante os 8 dias de armazenamento.

Sigrist (2002), pesquisando couves-flores minimamente processadas, encontrou no último dia de armazenamento (18º dia), que os floretes armazenados a 1°C apresentaram a menor taxa respiratória (18,61 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹) e, aqueles a 11°C, a maior taxa (52,38 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹).

Tabela 8. Taxa respiratória (mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹) de rabanetes minimamente processados e inteiros, durante o armazenamento refrigerado a 1°C

Tratamentos	Dias a 1°C										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Retalhos	22,24 a	12,22 a	6,92 a	15,56 a	9,67 a	10,29 a	24,76 a	15,52 a	10,92 a	17,62 a	21,65 a
Rodelas	18,71 b	9,99 a	6,06 ab	12,00 b	7,40 b	7,24 b	16,26 b	9,31 b	8,56 ab	11,36 b	12,01 b
Inteiros	16,22 b	7,96 a	5,18 b	9,21 b	7,26 b	6,76 b	7,26 c	6,18 b	6,58 b	7,29 b	5,72 c
CV (%)	8,73	29,90	17,49	18,76	14,77	15,86	14,32	30,39	22,36	26,27	25,07

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

Tabela 9. Taxa respiratória (mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹) de rabanetes minimamente processados e inteiros, durante o armazenamento refrigerado a 5°C

Tratamentos	Dias a 5°C										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Retalhos	20,36 a	22,34 a	16,47 a	20,14 a	11,70a	9,03 a	15,97 a	11,72 a	8,93 a	14,76 a	12,10 a
Rodelas	16,75 b	16,54 b	11,14 b	10,54 b	6,06 b	5,21 b	10,60 a	8,37 a	6,57 a	11,71 a	7,54 a
Inteiros	16,41 b	11,67 c	7,85 c	12,38 b	10,84 a	9,35 a	10,52 a	9,77 a	8,59 a	12,87 a	9,44 a
CV (%)	9,56	15,06	14,54	16,74	10,14	10,82	31,91	26,11	22,12	23,05	35,74

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

Tabela 10. Taxa respiratória (mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹) de rabanetes minimamente processados e inteiros, durante o armazenamento refrigerado a 10°C

Tratamentos	Dias a 10°C										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Retalhos	21,79 a	34,10 a	20,55 a	18,37 a	12,66 a	11,57 a	18,62 a	16,43 a	18,80 a	27,75 a	26,71 a
Rodelas	21,60 a	27,93 a	13,93 b	13,42 a	8,84 b	8,59 b	17,79 a	15,29 a	12,16 b	18,82 ab	14,59 b
Inteiros	15,02 b	15,25 b	10,89 c	15,75 ab	13,39 a	12,93 a	14,94 a	13,10 a	13,61 b	17,66 b	13,96 b
CV (%)	14,85	23,24	9,49	14,76	7,22	13,89	19,11	26,32	21,79	28,22	37,39

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

5.3.2 Produção de etileno

Não foi detectado etileno das 9 às 12 primeiras horas após o processamento, em raízes de rabanete inteiras armazenadas a 1°C, e na 10ª hora a 5°C. Após 12 horas do processamento, nas raízes de rabanete em retalhos foram obtidos 0,14, 0,38 e 0,70 $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ nas temperaturas de 1, 5 e 10°C, respectivamente. Nas raízes em rodela foram obtidos 0,14, 0,35 e 0,63 $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ a 1, 5 e 10°C, respectivamente; e nas inteiras 0,03 e 0,20 $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ a 5°C e 10°C (Figuras 9, 10, 11).

As raízes de rabanete cortadas em retalhos não apresentaram produção de etileno no 10º dia de armazenamento a 1°C, enquanto que a 5°C e 10°C a produção foi de 0,06 e 0,16 $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, respectivamente. Para as raízes em rodela e inteiras não foi detectado etileno nas três temperaturas após 10 dias de armazenamento.

Figura 9 – Produção de etileno ($\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) de rabanetes minimamente processados e inteiros, logo após o processamento e armazenamento a 1°C

Figura 10 – Produção de etileno ($\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) de rabanetes minimamente processados e inteiros, logo após o processamento e armazenamento a 5°C

Figura 11 – Produção de etileno ($\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) de rabanetes minimamente processados e inteiros, logo após o processamento e armazenamento a 10°C

Vitti (2003) obteve, em beterrabas minimamente processadas em retalhos e armazenadas a 5°C, valores na ordem de 0,90 $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ nas primeiras horas após o corte, e pouca variação ao longo do período de conservação. Sasaki et al. (2004c), estudando abóboras minimamente processadas em cubos e armazenadas a 5°C e 10°C, encontraram um pico de produção de etileno no 5º dia de armazenamento, alcançando valores de 3,64 e 66,7 $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, respectivamente.

De acordo com Sakr et al. (1997), o aumento da produção de etileno pode ser uma resposta hormonal e bioquímica devido ao estresse causado pelo corte. Isto ocorre, porque o primeiro alvo desse estresse é a membrana plasmática, a qual responde com mudanças em suas características físicas, de forma a contornar tais perturbações e tentar reparar os danos causados durante o processamento.

Já Sigrist (2002) não detectou produções de etileno em couves-flores e rúculas, em suas formas inteiras ou minimamente processadas, armazenadas a 1, 5 e 11°C, por 18 dias. Igual resultado obteve, preliminarmente, Saavedra del Aguila et al. (2004a), em rabanetes minimamente processados armazenados a 1, 5 e 10°C.

5.3.3 Teor de sólidos solúveis totais (SST)

De maneira geral, verificou-se menores valores nos teores de SST durante o armazenamento para os rabanetes cortados em retalhos em relação aos cortados em rodelas ou mantidas inteiros (Tabelas 11, 12 e 13), havendo poucas diferenças entre esses dois últimos tratamentos.

As raízes de rabanete armazenadas a 10°C apresentaram perdas de 0,43, 1,1 e 2,2 de SST para as inteiras, em rodelas e em retalhos, respectivamente; o que indica uma perda maior dos SST pelo efeito da elevação do metabolismo do vegetal, como consequência da elevação de temperatura de armazenamento e pelas maiores injúrias causadas ao vegetal devido aos diferentes cortes realizados no processamento mínimo. Estes resultados estão de acordo com Sasaki et al. (2004a), que pesquisando diferentes cortes na abóbora minimamente processada, observaram perdas de até 0,01; 0,33 e 2,45 °Brix, para os cortes em meia-rodelas, cubos e tiras, respectivamente.

Sasaki et al. (2004b), em trabalho com abóboras minimamente processadas submetidas a diferentes temperaturas verificou que aquelas armazenadas a 10°C apresentaram, maior redução nos teores de SST, enquanto que aquelas mantidas a 1°C foram as que apresentaram menor redução nos teores de SST.

Tabela 11. Sólidos solúveis totais (°Brix) de rabanetes minimamente processados e inteiros, durante o armazenamento refrigerado a 1°C

Tratamentos	Dias a 1°C						CV (%)
	0	2	4	6	8	10	
Inteiros	3,90 aBC	3,87 aBC	4,27 aA	4,12 aAB	3,80 aBC	3,70 aC	3,69
Rodelas	3,90 aA	3,65 bABC	3,52 bABC	3,72 bAB	3,32 bBC	3,25 bC	5,04
Retalhos	3,90 aA	2,67 cB	2,80 cB	2,57 cBC	2,37 cC	2,32 cC	4,41
CV (%)	-	3,17	3,94	4,52	6,44	4,54	-

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

Tabela 12. Sólidos solúveis totais (°Brix) de rabanetes minimamente processados e inteiros, durante o armazenamento refrigerado a 5°C

Tratamentos	Dias a 5°C						CV (%)
	0	2	4	6	8	10	
Inteiros	3,90 aA	3,72 aA	3,90 aA	3,90 aA	3,87 aA	3,70 aA	4,41
Rodelas	3,90 aA	3,45 aABC	3,75 aAB	3,50 bABC	3,32 bBC	3,25 bC	6,03
Retalhos	3,90 aA	2,57 bB	2,62 bB	2,62 cB	2,32 cBC	2,15 cC	6,41
CV (%)	-	4,64	9,42	1,65	6,66	3,80	-

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

Tabela 13. Sólidos solúveis totais (°Brix) de rabanetes minimamente processados e inteiros, durante o armazenamento refrigerado a 10°C

Tratamentos	Dias a 10°C						CV (%)
	0	2	4	6	8	10	
Inteiros	3,90 aA	3,65 aAB	3,62 aAB	3,67 aAB	3,70 aAB	3,47 aB	4,12
Rodelas	3,90 aA	3,50 aB	3,50 aB	3,37 bBC	3,02 bCD	2,80 bD	4,95
Retalhos	3,90 aA	2,50 bB	2,32 bBC	2,30 cBC	2,05 cC	1,70 cD	5,22
CV (%)	-	5,58	4,42	4,21	5,55	5,13	-

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

5.3.4 Perda de matéria fresca

De maneira geral, a perda de matéria fresca aumentou com o incremento do período de conservação e da temperatura de armazenamento, sendo similares entre os tratamentos até o 8º dia (Figuras 12, 13 e 14). Após 10 dias de conservação a 10°C, as raízes cortadas em retalho apresentaram maior perda de matéria fresca se comparado com o armazenamento deste tipo de corte a 1°C e 5°C. Isso é explicável pela maior transpiração que ocorre à medida que a temperatura aumenta, em resposta ao incremento no déficit de pressão de vapor entre os tecidos do vegetal e o ambiente (Woods, 1990). A transpiração também aumenta, devido a um acréscimo na superfície específica do vegetal, causado pelos cortes realizados pelo processamento mínimo.

Figura 12 – Valores de perda de matéria fresca (%), de rabanetes minimamente processados e inteiros, durante o armazenamento refrigerado a 1°C

Figura 13 – Valores de perda de matéria fresca (%), de rabanetes minimamente processados e inteiros, durante o armazenamento refrigerado a 5°C

Figura 14 – Valores de perda de matéria fresca (%), de rabanetes minimamente processados e inteiros, durante o armazenamento refrigerado a 10°C

5.3.5 Acidez titulável

Poucas diferenças significativas foram observadas nos teores de acidez titulável das raízes de rabanete minimamente processadas (em retalhos e em rodelas) e inteiras no decorrer do armazenamento (Tabelas 14, 15 e 16).

Tabela 14. Acidez titulável (% de ácido málico) de rabanetes minimamente processados e inteiros, durante o armazenamento refrigerado a 1°C

Tratamentos	Dias a 1°C						CV (%)
	0	2	4	6	8	10	
Inteiros	0,050 aA	0,060 aA	0,055 aA	0,050 aB	0,055 aA	0,052 aA	15,65
Rodelas	0,050 aA	0,062 aA	0,050 aA	0,047 aA	0,080aA	0,052 aA	11,75
Retalhos	0,050 aA	0,050 aA	0,050 aA	0,047 aA	0,050 aA	0,065 aA	17,95
CV (%)	-	20,69	11,17	8,44	5,99	4,54	-

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

Tabela 15. Acidez titulável (% de ácido málico) de rabanetes minimamente processados e inteiros, durante o armazenamento refrigerado a 5°C

Tratamentos	Dias a 5°C						CV (%)
	0	2	4	6	8	10	
Inteiros	0,050 aB	0,055 aAB	0,050 aB	0,047 aB	0,065 aA	0,067 aA	11,56
Rodelas	0,050 aA	0,055 aA	0,050 aA	0,050 aA	0,060aA	0,055 aA	12,50
Retalhos	0,050 aA	0,045 aA	0,047 aA	0,050 aA	0,057 aA	0,055 aA	12,69
CV (%)	-	11,17	5,87	5,87	7,24	12,27	-

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

Tabela 16. Acidez titulável (% de ácido málico) de rabanetes minimamente processados e inteiros, durante o armazenamento refrigerado a 10°C

Tratamentos	Dias a 10°C						CV (%)
	0	2	4	6	8	10	
Inteiros	0,050 aA	0,062 aA	0,047 aA	0,050 aA	0,060 aA	0,062 aA	14,88
Rodelas	0,050 aA	0,047 aA	0,050 aA	0,052 aA	0,065 aA	0,065 aA	14,53
Retalhos	0,050 aA	0,050 aA	0,042 aA	0,052 aA	0,057 aA	0,052 aA	15,37
CV (%)	-	14,65	16,75	7,90	13,13	11,78	-

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

5.3.6 Teor de ácido ascórbico (vitamina C)

Verificou-se, de maneira geral, decréscimo no teor vitamina C das raízes de rabanete minimamente processadas em retalhos a 10°C, não existindo diferenças significativas no conteúdo de vitamina C nas raízes inteiras nas três temperaturas testadas durante a conservação, em relação ao valor observado das raízes no início do experimento (22,45 mg ácido ascórbico/100g de raízes) (Figuras 15, 16 e 17 e Tabelas 17, 18 e 19). Estes, concordam com aqueles obtidos, preliminarmente, por Saavedra del Aguila et al. (2004b e 2004d), que observaram que as raízes de rabanete minimamente processadas em retalhos armazenadas a 10°C, apresentaram maiores perdas no conteúdo de vitamina C, em comparação com as minimamente processadas em rodela, na mesma temperatura.

Sasaki et al. (2004b), verificaram que o teor de vitamina C foi a variável que mais foi influenciada pela temperatura de armazenamento, sofrendo reduções de até 4,62 mg ácido ascórbico/100g para abóboras minimamente processadas armazenadas a 10°C.

Figura 15 – Teor de vitamina C (mg ácido ascórbico/100g de raízes) de rabanetes minimamente processados e inteiros, durante o armazenamento refrigerado a 1°C

Figura 16 – Teor de vitamina C (mg ácido ascórbico/100g de raízes) de rabanetes minimamente processados e inteiros, durante o armazenamento refrigerado a 5°C

Figura 17 – Teor de vitamina C (mg ácido ascórbico/100g de raízes) de rabanetes minimamente processados e inteiros, durante o armazenamento refrigerado a 10°C

Tabela 17. Teor de vitamina C (mg ácido ascórbico/100g de raízes) de rabanetes minimamente processados e inteiros, durante o armazenamento refrigerado a 1°C

Tratamentos	Dias a 1°C						CV (%)
	0	2	4	6	8	10	
Inteiros	22,45 aB	27,14 aAB	29,29 aA	28,01 aAB	26,25 aAB	22,64 aB	10,14
Rodelas	22,45 aBC	20,68 bC	25,54 abAB	22,55 bBC	26,72 aA	21,61 aC	6,41
Retalhos	22,45 aA	19,96 bAB	21,64 bA	22,11 bA	17,78 bAB	16,58 bB	10,39
CV (%)	-	9,76	10,79	6,09	8,34	5,32	-

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

Tabela 18. Teor de vitamina C (mg ácido ascórbico/100g de raízes) de rabanetes minimamente processados e inteiros, durante o armazenamento refrigerado a 5°C

Tratamentos	Dias a 5°C						CV (%)
	0	2	4	6	8	10	
Inteiros	22,45 aA	24,85 aA	25,53 aA	27,03 aA	26,61 aA	23,71 aA	9,28
Rodelas	22,45 aA	21,27 aA	22,78 aA	21,57 bA	24,87 aA	21,35 bA	7,81
Retalhos	22,45 aA	20,89 aA	21,34 aA	22,71 bA	19,62 bA	18,38 cA	12,15
CV (%)	-	11,79	12,12	4,11	10,11	4,42	-

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

Tabela 19. Teor de vitamina C (mg ácido ascórbico/100g de raízes) de rabanetes minimamente processados e inteiros, durante o armazenamento refrigerado a 10°C

Tratamentos	Dias a 10°C						CV (%)
	0	2	4	6	8	10	
Inteiros	22,45 aB	25,81 aAB	23,82 aAB	22,02 aB	27,65 aA	22,16 aB	7,79
Rodelas	22,45 aAB	20,44 bB	23,69 aAB	21,66 aAB	24,87 aA	22,92 aAB	7,24
Retalhos	22,45 aA	21,29 bAB	23,17 aA	17,39 bBC	15,30 bC	3,01 bD	12,62
CV (%)	-	7,91	7,26	10,37	7,84	4,92	-

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

De acordo com a tabela 19, nos rabanetes em retalhos, ao 10º dia de armazenamento, observa-se uma redução em relação ao conteúdo inicial de ácido ascórbico de 87%. Isto, possivelmente, se deve à elevação da taxa respiratória dos rabanetes como resposta à intensidade do processamento mínimo e ao acréscimo da temperatura de armazenamento. O ácido ascórbico estaria sendo utilizado como substrato na atividade respiratória, o que acarretaria na redução de seu conteúdo no decorrer do tempo de armazenamento. Esta perda do conteúdo de ácido ascórbico, também poderia ser explicada, utilizando-se a teoria de biossíntese do ácido ascórbico proposta por Conklin (1998), na qual sinaliza a Glicose 6-P, como ponto de partida da biossíntese da vitamina C. Este carboidrato por ser o principal substrato da respiração, estaria sendo utilizado para estes fins, reduzindo-se a biossíntese de ácido ascórbico, resultando na redução observada anteriormente.

5.3.7 Coloração

A luminosidade (L^*) nas três temperaturas avaliadas não apresentou diferenças significativas para as raízes inteiras, tendo comportamento quase similar para as raízes minimamente processadas em rodela; outrossim, para as raízes em retalhos foram

observadas reduções significativas nas três temperaturas de armazenamento em relação aos valores iniciais de luminosidade. Comparando-se os resultados obtidos para as raízes em retalhos com os em rodela e inteiras, estes foram significativamente inferiores durante quase todo o período de armazenamento (Tabelas 20, 21 e 22).

Saavedra del Aguila et al. (2004d), preliminarmente, encontraram em rabanetes minimamente processados, que os rabanetes em rodela submetidos a 1, 5 e 10°C, apresentaram valores de L^* maiores que os verificados em retalhos, o que significa que as primeiras apresentaram menor índice de escurecimento enzimático, comprovando o observado.

Tabela 20. Valores de Luminosidade (L^*) de rabanetes minimamente processados e inteiros, durante o armazenamento refrigerado a 1°C

Tratamentos	Dias a 1°C						CV (%)
	0	2	4	6	8	10	
Inteiros	74,54 aA	74,14 aA	72,68 aA	77,04 aA	72,68 aA	72,68 aA	2,89
Rodela	74,54 aA	70,53 aA	71,38 aA	71,49 bA	73,09 aA	75,82 aA	3,62
Retalhos	74,54 aA	58,57 bB	58,67 bB	57,06 cB	57,10 bB	54,48 bB	4,56
CV (%)	-	2,90	3,51	3,14	4,02	5,40	-

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

Tabela 21. Valores de Luminosidade (L^*) de rabanetes minimamente processados e inteiros, durante o armazenamento refrigerado a 5°C

Tratamentos	Dias a 5°C						CV (%)
	0	2	4	6	8	10	
Inteiros	74,54 aA	73,65 aA	74,69 aA	72,68 aA	71,89 aA	71,89 aA	3,61
Rodela	74,54 aA	73,51 aA	73,21 aAB	72,73 aAB	75,26 aA	69,73 aB	2,79
Retalhos	74,54 aA	57,53 bB	59,31 bB	56,81 bB	59,80 bB	59,80 bB	2,69
CV (%)	-	2,45	3,10	4,23	3,06	3,22	-

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

Tabela 22. Valores de Luminosidade (L*) de rabanetes minimamente processados e inteiros, durante o armazenamento refrigerado a 10°C

Tratamentos	Dias a 10°C						CV (%)
	0	2	4	6	8	10	
Inteiros	74,54 aA	73,12 aA	74,91 aA	71,89 aA	73,10 aA	73,10 aA	2,70
Rodelas	74,54 aA	71,73 aA	72,30 aA	72,51 aA	68,98 aA	68,98 aA	3,76
Retalhos	74,54 aA	57,08 bB	56,93 bB	55,64 bB	53,27 bB	53,27 bB	4,38
CV (%)	-	3,06	4,07	3,37	4,25	4,25	-

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

Os valores de a* para as raízes de rabanete em retalhos iniciaram-se em -0,55, finalizando-se em 3,61, 4,70 e 5,33, a 1°C, 5°C e 10°C, respectivamente, o que caracteriza uma modificação da coloração inicial do material, sendo que quanto mais alto o valor de a* mais avermelhada ficou a coloração, sendo este resultado indesejável para a comercialização do produto, mostrando uma vez mais a importância das baixas temperaturas de armazenamento na prolongação da qualidade dos vegetais minimamente processados. Para as raízes inteiras e em rodelas, de maneira geral, não foram verificadas as mesmas diferenças (Tabelas 23, 24 e 25).

Tabela 23. Valores de a* de rabanetes minimamente processados e inteiros, durante o armazenamento refrigerado a 1°C

Tratamentos	Dias a 1°C						CV (%)
	0	2	4	6	8	10	
Inteiros	- 0,55 aA	-0,290 bA	1,145 abA	-0,065 bA	1,363 bA	1,363 aA	23,64
Rodelas	- 0,55 aB	0,205 bAB	0,307 bAB	0,042 bAB	0,500 bAB	1,420 aA	25,68
Retalhos	- 0,55 aC	3,887 aAB	3,565 aB	3,975 aAB	6,340 aA	3,610 aB	23,19
CV (%)	-	20,16	20,86	22,22	23,54	19,37	-

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

Tabela 24. Valores de a^* de rabanetes minimamente processados e inteiros, durante o armazenamento refrigerado a 5°C

Tratamentos	Dias a 5°C						CV (%)
	0	2	4	6	8	10	
Inteiros	- 0,55 aA	0,712 bA	0,647 abA	0,337 bA	0,915 bA	0,915 bA	17,33
Rodelas	- 0,55 aB	-0,025 bAB	-0,490 bB	0,075 bAB	-0,012 bAB	0,992 bA	16,39
Retalhos	- 0,55 aB	6,380 aA	1,500 aB	4,532 aA	4,700 aA	4,700 aA	15,67
CV (%)	-	17,39	18,57	15,60	19,67	18,69	-

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

Tabela 25. Valores de a^* de rabanetes minimamente processados e inteiros, durante o armazenamento refrigerado a 10°C

Tratamentos	Dias a 10°C						CV (%)
	0	2	4	6	8	10	
Inteiros	- 0,55 aA	0,465 bA	0,770 aA	1,920 abA	0,413 bA	0,413 bA	29,42
Rodelas	- 0,55 aA	0,432 bA	-0,043 aA	-0,328 bA	1,000 bA	1,000 bA	28,50
Retalhos	- 0,55 aB	5,780 aA	3,265 aA	3,580 aA	5,330 aA	5,330 aA	25,41
CV (%)	-	22,83	19,87	25,98	16,26	16,26	-

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

No início do experimento obteve-se valor de b^* de 3,90. No 10º dia de armazenamento os valores de b^* para as raízes minimamente processadas em rodelas e em retalhos foram de 8,69 e 7,45 a 5°C, e, 8,09 e 9,40 a 10°C, respectivamente, com a conseqüente modificação da cor para uma tonalidade mais amarela. Este mesmo resultado de modificação de cor pode ser observado para as raízes inteiras a 10°C (Tabelas 26, 27 e 28).

Tabela 26. Valores de b* de rabanetes minimamente processados e inteiros, durante o armazenamento refrigerado a 1°C

Tratamentos	Dias a 1°C						CV (%)
	0	2	4	6	8	10	
Inteiros	3,905 aB	6,062 aA	5,537 aAB	6,145 aA	5,420 bAB	5,420 bAB	15,02
Rodelas	3,905 aD	4,560 bCD	4,492 bCD	5,365 aBC	6,527 abAB	7,220 bA	11,93
Retalhos	3,905 aC	5,375 abBC	5,622 aBC	6,390 aB	7,242 aB	10,803 aA	14,30
CV (%)	-	11,82	9,46	12,84	11,48	18,27	-

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

Tabela 27. Valores de b* de rabanetes minimamente processados e inteiros, durante o armazenamento refrigerado a 5°C

Tratamentos	Dias a 5°C						CV (%)
	0	2	4	6	8	10	
Inteiros	3,905 aA	5,127 aA	5,707 aA	5,932 aA	5,495 bA	5,495 bA	18,36
Rodelas	3,905 aC	5,602 aB	5,752 aB	6,327 aB	6,855 abB	8,692 aA	11,78
Retalhos	3,905 aC	5,747 aB	6,670 aAB	6,555 aAB	7,455 aA	7,455 aA	10,06
CV (%)	-	10,02	18,23	9,83	14,89	12,34	-

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

Tabela 28. Valores de b* de rabanetes minimamente processados e inteiros, durante o armazenamento refrigerado a 10°C

Tratamentos	Dias a 10°C						CV (%)
	0	2	4	6	8	10	
Inteiros	3,905 aB	4,972 bAB	5,352 bA	5,357 bA	5,850 bA	5,850 bA	12,34
Rodelas	3,905 aC	5,170 bBC	5,215 bBC	6,797 abAB	8,092 aA	8,092 aA	15,14
Retalhos	3,905 aC	6,742 aB	7,487 aB	7,630 aB	9,400 aA	9,400 aA	7,95
CV (%)	-	10,10	13,62	14,32	10,44	10,44	-

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

A temperatura de armazenamento teve efeito significativo na taxa respiratória e na produção de etileno dos rabanetes minimamente processados, podendo influenciar no tempo de conservação dos mesmos. Além disso, estas temperaturas de armazenamento, unidas ao tipo de corte, contribuem para a modificação dos parâmetros físico-químicos dos rabanetes minimamente processados, sendo que quanto mais injuriado é o vegetal, maiores são as perdas de vitamina C e de SST.

5.4 Conclusões

- As temperaturas de 1°C e 5°C são as mais indicadas para a melhor conservação das raízes de rabanete minimamente processadas durante 10 dias, considerando que a redução no metabolismo das mesmas resulta numa menor perda de qualidade.
- O tipo de corte em rodela é o mais recomendado para rabanetes minimamente processados, ao obter um produto de qualidade até o 10º dia de armazenamento, nas temperaturas de armazenamento de 1°C ou 5°C.
- O tipo de corte em retalhos pode ser utilizado quando o rabanete minimamente processado for armazenado a 1°C por 10 dias.

6 QUALIDADE DE RABANETES MINIMAMENTE PROCESSADOS EM FUNÇÃO DA EMBALAGEM UTILIZADA DURANTE O ARMAZENAMENTO REFRIGERADO

Resumo

Diferentes tipos de embalagens foram avaliados durante o armazenamento refrigerado de rabanetes minimamente processados. As embalagens testadas foram: filme de PVC com 14 μm (padrão) e 17 μm de espessura envolvendo as bandejas de poliestireno expandido; filmes plásticos de polietileno de baixa densidade (PEBD) com espessura de 20 μm ; e embalagens de tereftalato de polietileno (PET); além de uma embalagem perfurada como controle. Os rabanetes minimamente processados foram armazenados a 5°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) e 90% ($\pm 5\%$) UR, durante 10 dias, sendo avaliados a cada dois dias. O delineamento experimental foi o inteiramente ao acaso, com 4 repetições para as análises físico-químicas (teor de sólidos solúveis totais, perda de matéria fresca, acidez titulável, teor de ácido ascórbico e coloração) e 6 repetições para análises de O₂ e CO₂. O teor de equilíbrio de O₂ nas embalagens de filme de PVC de 14 e 17 μm , foi de aproximadamente 12 e 11%. As embalagens de PET tiveram teores de O₂ mais altos, chegando a 15,56% no 10º dia. O PEBD apresentou concentrações muito baixas de O₂ (0,08% no 8º dia). Entre o 2º e 10º dia, o nível de CO₂ no interior do filme de PVC de 14 μm variou de 3,43% a 2,43%; na PET de 1,78% a 4% e no PEBD de 12% a 15,20%. Pouca influência das embalagens e/ou filmes foi observada no teor de sólidos solúveis totais, perda de matéria fresca e acidez titulável. Os teores de ácido ascórbico variaram

entre 21,75 e 16,31 mg/100g de raiz. Houve escurecimento enzimático nos rabanetes, sendo que os valores de luminosidade (L^*) decresceram no decorrer do experimento.

QUALITY OF FRESH CUT RADISHES IN FUNCTION OF THE PACKAGE USED DURING COLD STORAGE

Summary

Different types of package were evaluated in fresh cut radish during cold storage. The packages used were: PVC films with 14 μm (standard) and 17 μm thickness overwrapping expanded polystyrene trays, low density polyethylene film (LDPE) with 20 μm thickness, and polyethylene terephthalate (PET); besides a holed packing as control. The shredded fresh cut radishes were stored during 10 days at 5°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) and 90% ($\pm 5\%$) RH, with evaluation each two days. It was used the completely randomized design, with 4 replicates, for the physiochemical analyses (soluble solids, fresh matter loss, tritatable acidity, ascorbic acid and color) and 6 replicates for analyses of O_2 and CO_2 . The content of O_2 balance in the package of PVC films of 14 and 17 μm was 12 and 11%, respectively. The packing of PET showed higher contents of O_2 , arriving 15.56% in the 10th day. The LDPE showed very low concentrations of O_2 (0.08% in the 8th day). From 2nd to 10th day, the level of CO_2 inside the packing of PVC film with 14 μm changed from 3.43% to 2.43%; in PET, from 1.78% to 4% and in LDPE from 12% to 15.20%. There was little influence of the package and/or films in the content of soluble solids, fresh matter and acidity. The content of ascorbic acid have varied from 16.31 to 21.75 mg/100g of roots. There was enzymatic browning in the radish and the values of lightness (L^*) decreased during cold storage.

6.1 Introdução

As frutas e hortaliças minimamente processadas são produtos “in natura” que tornaram-se prontos para o consumo ou uso no preparo de outros pratos. São geralmente descascadas ou cortadas, e se necessário, lavadas e submetidas a processos de sanitização (Nguyen & Carlin, 1994).

O armazenamento de alimentos sem uma proteção externa (embalagem) conduz à oxidação e à destruição de muitos nutrientes, inclusive das vitaminas (Gava, 1984). A embalagem funciona como a membrana que foi retirada com o processamento, reduzindo a perda de água, o ataque de microrganismos e outras reações.

O sistema de embalagem de frutas e hortaliças minimamente processadas mais comum é aquele em que são utilizados sacos ou filmes plásticos. Os materiais mais usados são polietilenos de diferentes densidades, policloreto de vinila (PVC), poliestireno (PS) e copolímeros de acetato de vinila (EVA). Também podem ser dispostos em bandejas ou outros recipientes de plástico transparente envoltos com filmes flexíveis laminados ou bandejas duplas (Sarantópoulos & Soler, 1988).

O ar normal contém 21% de O_2 , 0,03% de CO_2 , 78% de N_2 . Com o objetivo de diminuir a intensidade da respiração do produto e aumentar o seu tempo de vida útil, sem perda da qualidade, os sistemas de modificação da atmosfera reduzem a concentração de O_2 e elevam a concentração de CO_2 (Chitarra, 1998).

A relação entre a taxa de respiração do produto e a taxa de permeabilidade das embalagens aos gases permite a modificação passiva da atmosfera ao redor do produto. Essa atmosfera modificada passiva pode retardar a respiração, a senescência e, conseqüentemente, as alterações de qualidade advindas destes processos.

A embalagem em atmosfera modificada é um sistema dinâmico, no qual devem ser considerados quatro processos variáveis, que ocorrem simultaneamente: respiração do produto; transpiração do produto; permeabilidade aos gases através da embalagem e a transferência de calor gerado pelo produto na respiração (calor vital). Após o período de equilíbrio, condições estáveis podem se estabelecer dentro da embalagem (Chitarra, 1998).

Os sistemas de atmosfera modificada devem ser considerados suplementares ao manejo adequado de temperatura e umidade relativa, apresentando algumas vantagens: a) possibilitam a comercialização de produtos de alta qualidade; b) apresentam embalagem definitiva até o mercado varejista; c) permitem boa apresentação do produto; d) ensejam redução do manuseio e distribuição de produtos inadequados para venda; e) diminuem as perdas no armazenamento; f) propiciam maiores oportunidades para o desenvolvimento e diferenciação de produtos. Algumas desvantagens também podem ser enumeradas: a) custo adicional com a embalagem; b) necessidade de otimização na operação do sistema de selagem e controle rigoroso da temperatura desde o armazenamento até a distribuição do produto; c) difícil biodegradabilidade dos componentes que compõem as embalagens, gerando resíduos sólidos ao serem descartados (Sarantópoulos & Soler, 1988).

Em produtos minimamente processados recomenda-se para a atmosfera modificada uma concentração de 2 a 8% de O₂, para evitar o escurecimento e prolongar a vida pós-colheita. As concentrações ótimas de CO₂ para estes produtos são 5 a 15% dependendo do produto e do tipo de corte (Gorny et al., 1998).

Neste experimento foram avaliados quatro tipos de embalagens para a manutenção da qualidade da raiz de rabanete minimamente processada.

6.2 Material e Métodos

6.2.1 Obtenção e acondicionamento do material experimental

Maços (folhas e raízes) de rabanete da variedade 'Crimson gigante', colhidos na região de Piracicaba-SP, foram transportados até o Laboratório de Pós-colheita do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - USP, onde foram selecionados quanto à firmeza, ausência de danos mecânicos e infecções visíveis. A temperatura do laboratório foi regulada para 18°C.

Posteriormente, os maços foram armazenados a 10°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) e 90% ($\pm 5\%$) UR por um período de 3 horas, até o processamento.

6.2.2 Processamento mínimo

As etapas de processamento mínimo foram realizadas a uma temperatura de 18°C, tendo sido utilizados equipamentos de proteção individual (EPI), como luvas, gorros, máscaras, aventais e botas, para sua perfeita realização.

As etapas do processamento foram: seleção 1, lavagem, sanitização 1, preparo do material, enxágüe 1, sanitização 2, enxágüe 2, centrifugação, seleção 2 e embalagem. Com exceção da última etapa do processamento, a ser descrita neste item, todas as demais constam do Capítulo 3, item 3.2.2.

Para a embalagem foram pesadas 130g de raízes de rabanete minimamente processadas em retalhos, sendo estas dispostas nos seguintes tipos de embalagens:

T1 = embalagem perfurada (controle);

T2 = filme de policloreto de vinila (PVC) de 14 µm de espessura, envolvendo as bandejas de poliestireno expandido;

T3 = filme de policloreto de vinila (PVC) de 17 µm de espessura, envolvendo as bandejas de poliestireno expandido;

T4 = embalagem de tereftalato de polietileno (PET);

T5 = sacola de polietileno de baixa densidade (PEBD) de 20 µm de espessura, lacradas com seladora.

No total foram preparadas 6 repetições para cada tratamento, para as análises de O₂ e CO₂, e 4 repetições para as análises físico-químicas. Todos os tratamentos foram armazenados em câmara fria a 5°C (±1°C) e 90% (±5%) UR, por um período de 10 dias.

6.2.3 Determinações

As avaliações foram realizadas a cada 2 dias, tanto para os conteúdos dos gases (CO₂ e O₂), quanto para as análises físico-químicas. Além das determinações de teor de sólidos solúveis totais (SST), perda de matéria fresca, acidez titulável, teor de ácido

ascórbico (vitamina C) e coloração (Capítulo 5, item 5.2.3); foi determinada a composição gasosa no interior das embalagens.

6.2.3.1 Composição gasosa no interior das embalagens

Foi determinada por meio de leitura direta de O_2 e CO_2 através de analisador PBI Dansensor, modelo Check Mate 9900, sendo que os resultados são expressos em percentagem.

6.2.4. Análise dos resultados

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com 4 repetições para cada tratamento para as análises físico-químicas. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico SAS (SAS Institute, Inc., 1998).

Para a quantificação do CO_2 e do O_2 dentro das embalagens, o delineamento utilizado também foi o inteiramente casualizado com 6 repetições por tratamento. Os dados foram submetidos à análise de medidas repetidas, a qual é diferente das análises usuais de variância, uma vez que foi observada uma correlação significativa para o fator tempo de armazenamento, e a mesma unidade experimental foi utilizada durante todo o experimento, esta correlação foi medida usando o teste de esfericidade.

A comparação de médias entre os tratamentos foi feita univariadamente (para cada dia em separado), pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se também o programa estatístico SAS (SAS Institute, 1998).

6.3 Resultados e Discussão

6.3.1 Composição gasosa no interior das embalagens

Os níveis de oxigênio no interior das embalagens de PVC apresentaram no 4º dia de armazenamento, teores de 12,08%, e 11,03%, respectivamente para as espessuras de 14 e 17 μm , mantendo praticamente a mesma concentração até o 10º dia de armazenamento (Figura 18 e Tabela 29).

As embalagens de PET apresentaram teores de O_2 mais próximos ao conteúdo na atmosfera normal, chegando com 15,56% ao 10º dia de armazenamento. Outrossim, no filme de PEBD foram obtidas concentrações muito baixas de O_2 , apresentando 0,08% de O_2 no 8º dia de armazenamento, resultando em anaerobioses no produto, o que foi comprovado pelo odor de fermentado que apresentavam as amostras deste tipo de filme.

Entre o 2º e 10º dia a 5°C, o nível de CO_2 no interior da embalagem de PVC com 14 μm variou de 3,43% a 2,43%; na PET, de 1,78% a 4%; e na embalagem PEBD, de 12% a 15,20% (Figura 19 e Tabela 30).

Os resultados obtidos com a utilização do filme de PEBD coincidem com os obtidos por Jacomino (1999) que, trabalhando com goiabas ‘Kumagai’ a 10°C e 85-90% UR, constatou que embalagens de PEBD provocaram anaerobiose em seu interior e elevação da concentração de CO_2 (em torno de 20%), o que as caracterizaram como barreira excessiva à permeação destes gases.

Sigrist (2002), trabalhando com floretes de couve-flor minimamente processados, encontrou que os níveis de oxigênio no interior das embalagens de PVC (12 e 20 μm) variaram muito a 5°C, durante 14 dias de armazenamento.

Concentrações de CO_2 superiores a 30% e/ou de O_2 inferiores a 2% induziram a deterioração de cenouras raladas, devido ao crescimento de bactérias lácticas, enquanto níveis de 15 a 20% de CO_2 e de 5% de O_2 promoveram uma satisfatória conservação deste produto (Carlin et al., 1990).

Figura 18 – Alteração do teor de oxigênio (% O₂) de rabanetes minimamente processados e armazenados a 5°C em diferentes tipos de embalagens

Figura 19 – Alteração do gás carbônico (% CO₂) de rabanetes minimamente processados e armazenados a 5°C em diferentes tipos de embalagens

Tabela 29. Alteração do teor de oxigênio (%O₂) de rabanetes minimamente processados e armazenados a 5°C em diferentes tipos de embalagens

Tratamentos	Dias a 5°C					
	0	2	4	6	8	10
Controle	18,50 a	18,43 a	18,45 a	18,46 a	18,38 a	18,10 a
PVC 14	18,50 a	13,54 c	12,08 c	11,90 bc	12,08 b	12,17 b
PVC 17	18,50 a	12,90 c	11,03 c	10,78 c	11,44 b	11,83 b
PET	18,50 a	17,26 b	15,85 b	15,13 ab	14,53 ab	15,56 ab
PEBD	18,50 a	0,60 d	0,09 d	0,09 d	0,08 c	0,83 c
CV (%)	-	4,43	9,74	22,18	30,18	22,73

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

Tabela 30. Alteração do teor de gás carbônico (% CO₂) de rabanetes minimamente processados e armazenados a 5°C em diferentes tipos de embalagens

Tratamentos	Dias a 5°C					
	0	2	4	6	8	10
Controle	0,20 a	0,38 d	0,28 c	0,23 c	0,20 a	0,21 b
PVC 14	0,20 a	3,43 b	3,65 b	3,10 bc	2,76 b	2,43 b
PVC 17	0,20 a	3,93 b	4,15 b	3,48 bc	2,96 b	2,61 b
PET	0,20 a	1,78 c	3,48 b	3,68 b	4,20 b	4,00 b
PEBD	0,20 a	12,00 a	15,25 a	15,15 a	14,90 a	15,20 a
CV (%)	-	7,16	14,55	28,41	22,22	12,36

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

Rinaldi et al. (2004), estudando o efeito da embalagem no repolho minimamente processado e armazenado a 0°C, 5°C e 10°C por 15 dias, encontraram que o filme de PVC de 12 µm, em relação à embalagem PET, apresentou maior concentração de CO₂ e menor de O₂. Em contrapartida, Mattiuz et al. (2001) encontraram, em goiabas

minimamente processadas e armazenadas a 3°C por 10 dias, que a embalagem PET proporcionou uma atmosfera otimizada para este produto, mantendo os níveis de O₂ e CO₂ em 16,71% e 1,62%, respectivamente.

6.3.2 Teor de sólidos solúveis totais (SST)

O teor de SST apresentou diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos somente no 2º dia de armazenamento, sendo que as embalagens de PVC de 14 e 17 µm foram as que obtiveram os maiores valores. Para os demais dias de avaliação não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 31).

Conforme o aumento no tempo de armazenamento, o teor de SST teve uma gradativa diminuição, sendo que, no 10º dia de armazenamento, foi significativamente menor que na caracterização (tempo zero). Os principais componentes de sólidos solúveis totais são os açúcares e estes por sua vez são os principais substratos da respiração do vegetal, o que pode justificar os resultados obtidos.

Tabela 31. Teor de sólidos solúveis totais (°Brix), de rabanetes minimamente processados e armazenados a 5°C em diferentes tipos de embalagens

Tratamentos	Dias a 5°C						CV (%)
	0	2	4	6	8	10	
Controle	3,30 aA	2,35 bcB	2,55 aB	2,47 aB	2,32 aB	2,17 aB	6,73
PVC 14	3,30 aA	2,60 abB	2,37 aCD	2,52 aBC	2,27 aDE	2,15 aE	3,85
PVC 17	3,30 aA	2,65 aB	2,40 aC	2,35 aCD	2,25 aCD	2,17 aD	3,46
PET	3,30 aA	2,27 cC	2,52 aB	2,32 aBC	2,22 aC	2,12 aC	4,25
PEBD	3,30 aA	2,45 abcBC	2,57 aB	2,35 aBC	2,22 aC	2,20 aC	5,25
CV (%)	-	5,51	7,14	4,58	3,95	3,62	-

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

Dantas et al. (2004) encontraram resultados diferentes ao obter valores estatisticamente similares de SST no 18º dia de avaliação em cenoura minimamente

processada e embalada em embalagens PET, armazenadas a 10°C. Igualmente, Araújo et al. (2004) não encontraram diferenças estatísticas no conteúdo de SST em repolho minimamente processado e embalado com filmes de PEBD e embalagens PET.

6.3.3 Perda de matéria fresca

Houve maior perda de matéria fresca no controle (Figura 20), devido a maior exposição das raízes minimamente processadas ao ambiente. Para as demais embalagens não houve diferenças quanto à perda de matéria fresca ao longo do experimento.

A maior vantagem do uso de filmes plásticos e embalagens na comercialização de frutos e hortaliças minimamente processadas é a de manter a qualidade dos produtos pela redução da perda de água. Na figura 20 observa-se que a embalagem do vegetal minimamente processado auxilia na minimização do processo físico de transpiração.

Figura 20 – Perda de matéria fresca (%) de rabanetes minimamente processados e armazenados a 5°C em diferentes tipos de embalagens

Ribeiro et al. (2001) observaram em mandioquinha-salsa minimamente processada armazenada a 5°C, que a embalagem PEBD apresentou maior perda de massa fresca em relação ao polipropileno (PP) e pet vinil (PV) durante 12 dias de armazenamento.

6.3.4 Acidez titulável

De maneira geral, houve redução no teor de acidez ao longo do tempo de armazenamento em todos as embalagens, em relação à caracterização (tempo zero). Entre os tratamentos não houve diferenças significativas para esta variável (Tabela 32).

Pilon (2003), trabalhando com salada mista, não encontrou diferenças no conteúdo de acidez titulável, ao utilizar embalagem sob ar atmosférico, vácuo e atmosfera modificada. De maneira similar, Dantas et al. (2004) obtiveram, com cenoura minimamente processada e armazenada a 10°C por 18 dias, resultados similares de acidez titulável nas embalagens PET. Nunes et al. (2004), pesquisando mandioquinha-salsa minimamente processada, armazenada a 6°C por 15 dias, não obtiveram diferenças de conteúdo de acidez titulável em embalagens de polipropileno.

Tabela 32. Acidez titulável (% de ácido málico) de rabanetes minimamente processados e armazenados a 5°C em diferentes tipos de embalagens

Tratamentos	Dias a 5°C						CV (%)
	0	2	4	6	8	10	
Controle	0,065 aA	0,050 aB	0,052 aB	0,052 aB	0,050 aB	0,050 aB	6,98
PVC 14	0,065 aA	0,055 aAB	0,057 aAB	0,050 aB	0,055 aAB	0,050 aB	11,84
PVC 17	0,065 aA	0,052 aBC	0,057 aAB	0,052 aBC	0,055 aAB	0,042 aC	9,73
PET	0,065 aA	0,050 aA	0,065 aA	0,045 aA	0,055 aA	0,047 aA	16,58
PEBD	0,065 aA	0,050 aB	0,047 aB	0,050 aB	0,045 aB	0,042 aB	8,81
CV (%)	-	6,63	18,44	8,16	12,16	8,32	-

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

6.3.5 Teor de ácido ascórbico (vitamina C)

Os teores de vitamina C das raízes de rabanete minimamente processadas variaram entre 21,75 e 16,31 mg de ácido ascórbico/100g de raiz (Tabela 33), sendo que houve uma redução no segundo dia, mantendo-se estabilizado até o 10º dia em todos os tratamentos. Esta redução inicial pode ser devida ao estresse do processamento mínimo, que pode gerar um consumo deste ácido.

Souza et al. (2004) encontraram, em alface minimamente processada armazenada a 10°C por 6 dias, um ligeiro decréscimo no conteúdo de ácido ascórbico em embalagens de PET e filme de PEBD. Também, Paiva et al. (2004), trabalhando com rúcula minimamente processada e armazenada a 10°C por 8 dias, não encontraram diferenças com relação ao conteúdo de ácido ascórbico entre as embalagens de PET e o filme de PEBD, mas obtiveram uma redução de 75% da sua concentração após 8 dias de armazenamento.

Tabela 33. Teor de Vitamina C (mg de ácido ascórbico/100g) de rabanetes minimamente processados e armazenados a 5°C em diferentes tipos de embalagens

Tratamentos	Dias a 5°C						CV (%)
	0	2	4	6	8	10	
Controle	21,75 aA	13,98 bD	14,72 cCD	15,22 abCD	16,23 aBC	17,53 aB	4,76
PVC 14	21,75 aA	15,29 abB	15,13 bcB	15,73 aB	16,32 aB	16,23 aB	4,41
PVC 17	21,75 aA	15,94 aB	15,83 abcB	16,25 aB	16,52 aB	16,71 aB	3,33
PET	21,75 aA	13,98 bD	16,24 abBC	14,93 abCD	17,04 aB	17,53 aB	5,05
PEBD	21,75 aA	15,73 aBC	17,02 aB	14,05 bC	15,29 aBC	16,31 aB	5,46
CV (%)	-	5,15	4,32	4,89	5,95	6,25	-

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

Araújo et al. (2004), em experimento com repolho minimamente processado, armazenado a 10°C por 14 dias, obtiveram que o uso de embalagens de PET e os filmes de PEBD reduziram o conteúdo de ácido ascórbico em cerca de 80% durante o período de armazenamento.

6.3.6 Coloração

O fato dos valores de Luminosidade (L^*) serem significativamente menores dos valores iniciais em todos os tipos de embalagens testados ao longo do armazenamento, significa que houve escurecimento enzimático das raízes de rabanete minimamente processadas em retalhos (Tabela 34). Por outro lado, valores de a^* e b^* significativamente diferentes do valor inicial em todos os tipos de embalagens, demonstram que houve mudanças de coloração, sendo que as raízes se aproximaram mais das tonalidades vermelha e amarela, em comparação a sua coloração inicial. (Tabelas 35 e 36).

Tabela 34. Valores de luminosidade (L^*) de rabanetes minimamente processados e armazenados a 5°C em diferentes tipos de embalagens

Tratamentos	Dias a 5°C						CV (%)
	0	2	4	6	8	10	
Controle	74,54 aA	60,94 aBC	62,77 aB	61,63 aBC	61,58 aBC	55,86 aC	4,74
PVC 14	74,54 aA	60,01 aB	61,46 aB	62,29 aB	61,13 aB	57,93 aB	3,74
PVC 17	74,54 aA	59,48 aB	58,35 aB	61,05 aB	62,57 aB	59,51 aB	3,50
PET	74,54 aA	59,09 aB	60,99 aB	58,91 aB	61,28 aB	58,86 aB	2,89
PEBD	74,54 aA	59,06 aBC	59,79 aBC	63,02 aB	61,33 aB	55,05 aC	3,43
CV (%)	-	3,02	3,34	4,35	3,78	5,33	-

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

Sigris (2002) obteve com floretes de couve-flor em 5 diferentes embalagens (PEBD, PD-941, CLYSAR AFG, PVC 12 e PVC 14 μm), mantidos a 5°C, por 14 dias, valores estatisticamente iguais com respeito aos valores de L*.

Tabela 35. Valores de a* de rabanetes minimamente processados e armazenados a 5°C em diferentes tipos de embalagens

Tratamentos	Dias a 5°C						CV (%)
	0	2	4	6	8	10	
Controle	- 0,555 aB	2,942 aA	2,645 aA	3,443 aA	2,475 aA	1,933 aAB	16,08
PVC 14	- 0,555 aB	3,715 aA	3,843 aA	3,765 aA	2,662 aAB	3,300 aA	16,34
PVC 17	- 0,555 aB	4,002 aA	4,858 aA	3,058 aA	1,752 aAB	2,420 aAB	14,44
PET	- 0,555 aD	4,187 aAB	3,460 aABC	4,855 aA	2,077 aBC	1,753 aC	18,25
PEBD	- 0,555 aB	2,945 aA	3,845 aA	2,503 aA	2,187 aA	2,600 aA	14,79
CV (%)	-	17,39	18,93	14,16	16,19	23,72	-

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

Tabela 36. Valores de b* de rabanetes minimamente processados e armazenados a 5°C em diferentes tipos de embalagens

Tratamentos	Dias a 5°C						CV (%)
	0	2	4	6	8	10	
Controle	3,905 aC	4,620 aBC	5,497 aA	5,627 abA	5,272 aAB	5,372 aAB	7,45
PVC 14	3,905 aD	4,917 aC	5,535 aBC	6,852 aA	5,465 aBC	5,970 aAB	7,61
PVC 17	3,905 aB	5,042 aAB	6,042 aA	5,630 abA	5,770 aA	5,802 aA	10,74
PET	3,905 aB	5,345 aAB	5,280 aAB	5,115 bAB	5,900 aA	5,525 aAB	15,63
PEBD	3,905 aC	4,035 aBC	5,127 aABC	5,567 abA	5,385 aAB	5,290 aAB	12,49
CV (%)	-	14,20	11,94	10,68	11,48	8,79	-

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

Não se recomenda o uso de filmes plásticos de polietileno de baixa densidade (PEBD) com espessura de 20 μm na embalagem de rabanetes minimamente processados, pois são pouco permeáveis ao O_2 , expondo o produto a anaerobiose, tendo como consequência a produção de ácido láctico, acetaldeído e etanol, compostos indesejáveis, que dão sabor e odor desagradáveis ao produto.

A coloração de rabanetes minimamente processados em retalhos sofreu influência direta das embalagens (modificações dos valores iniciais de L^* , a^* e b^*), quando armazenada a 5°C e avaliada por um período de 10 dias, sendo que, nenhuma delas evitou o escurecimento enzimático das raízes, comportando-se de forma similar ao tratamento controle.

6.4 Conclusões

- Nenhuma das embalagens utilizadas evitou o escurecimento enzimático ao longo do armazenamento, sendo que a embalagem de PEBD gerou anaerobiose. Entretanto, as embalagens utilizadas contribuem para uma menor perda de matéria fresca do rabanete minimamente processado.
- Nas raízes de rabanete minimamente processadas em retalhos e armazenadas a 5°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) e 90% ($\pm 5\%$) UR por 10 dias, as embalagens de filme de PVC com 14 e 17 μm apresentaram teores de CO_2 de 3% e valores de O_2 de 11%, sendo estes tratamentos os recomendados com a finalidade de manutenção da qualidade do produto.

7 APLICAÇÃO DE ANTIOXIDANTES NA CONSERVAÇÃO REFRIGERADA DE RABANETES MINIMAMENTE PROCESSADOS

Resumo

O escurecimento enzimático é um dos principais problemas encontrados no armazenamento de rabanetes minimamente processados. O presente experimento objetivou testar o uso de antioxidantes na conservação de rabanetes minimamente processados e armazenados sob refrigeração. Os seguintes tratamentos foram aplicados: T1: Controle (imersão em água destilada); T2: Ácido cítrico (2000 mg L^{-1}); T3: Ácido ascórbico (2000 mg L^{-1}), e T4: Ácido cítrico (1000 mg L^{-1}) + ácido ascórbico (1000 mg L^{-1}). O rabanete minimamente processado foi submerso nos tratamentos por 3 minutos, antes de ser centrifugado, embalado e armazenado a 5°C ($\pm 1^{\circ}\text{C}$) e 90% ($\pm 5\%$) UR por um período de 10 dias. Teor de sólidos solúveis totais (SST), perda de matéria fresca, acidez titulável, teor de ácido ascórbico (vitamina C) e coloração foram avaliadas no tempo zero e a cada 2 dias, enquanto a taxa respiratória foi avaliada diariamente. O T3 apresentou a maior taxa respiratória nas 4 primeiras horas após o processamento. No 10º dia, obteve-se 34,18; 30,54; 21,31 e 2,22 $\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ nos tratamentos T3, T4, T1 e T2, respectivamente. O teor de SST foi significativamente maior no T2. Quanto a acidez titulável, no 10º dia, foram observados valores de 0,16; 0,06; 0,05 e 0,03 % de ácido málico, para os tratamentos T2, T4, T3 e T1, respectivamente. Para os tratamentos T3 e T4 houve um aumento no teor de ácido ascórbico ao 2º dia. Os valores de luminosidade (L^*), de maneira geral foram decrescendo ao longo do armazenamento. Os valores de a^* indicam que o T2 e T4 conferiram uma coloração fortemente avermelhada às raízes.

Nenhum dos tratamentos evitou o escurecimento das raízes de rabanete minimamente processadas em retalhos e armazenadas sob refrigeração.

APPLICATION OF ANTIOXIDANTS IN COLD STORAGE OF FRESH CUT RADISHES

Summary

The enzymatic browning is one of the main problems found in the storage of fresh cut radishes. The present experiment aimed to evaluate the use of antioxidants in the cold storage of fresh cut radishes. The treatments applied were: T1: Control (immersion in distilled water); T2: Citric acid (2000 mg L⁻¹); T3: Ascorbic acid (2000 mg L⁻¹), and T4: Citric acid (1000 mg L⁻¹) + ascorbic acid (1000 mg L⁻¹). The shredded roots were submerged in their respective treatments during 3 minutes. After, fresh cut radishes were centrifuged, wrapped and stored to 5°C (±1°C) and 90% (±5%) RH, during 10 days. The content of total soluble solids (TSS), fresh matter loss, titratable acidity, ascorbic acid (vitamin C) and color were evaluated in the time zero and each 2 days, while the respiratory rate was evaluated daily. The treatment 3 showed the higher respiratory rate in the first 4 hours after the processing. In the 10th day, it was observed 34.18; 30.54; 21.31 and 2.22 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ in the T3, T4, T1 and T2, respectively. The content of SST was significantly higher in T2. Acidity has showed values of 0.16; 0.06; 0.05 and 0.03% after 10 days of storage for the treatments T2, T4, T3 and T1, respectively. For the treatments T3 and T4 there was an increase in the content of ascorbic acid at the 2nd day of storage. The values of lightness (L*) were decreasing along the storage. The values of the a* show that T2 and T4 have provoked a strongly red coloration to the roots. None of the treatments avoided the browning of the shredded radishes cold stored.

7.1 Introdução

As hortaliças minimamente processadas constituem uma classe que vem conquistando o consumidor de forma crescente e consistente. A sua aquisição proporciona, ao consumidor, o acesso a um produto muito parecido com o fresco, e ao mesmo tempo, com garantia de segurança desde que tenham mantido a boa qualidade nutricional, sanitária e sensorial (Willey, 1997).

As operações para a preparação de frutas e hortaliças minimamente processadas, uma vez que continuam sendo organismos vivos, produzem um impacto fisiológico tanto maior quanto mais elevado o grau de processamento, aumentando a velocidade com que se deterioram e tem sua vida útil diminuída em relação ao produto intacto. Os ferimentos causados pelos cortes estimulam a atividade respiratória e a produção de etileno em pouco tempo, a qual induz a biossíntese de enzimas associadas a várias reações bioquímicas responsáveis por mudanças de cor, aroma, textura e valor nutritivo, que conduzem a senescência (Cantwell, 1992; Artes et al, 1998).

Dentre todas as possíveis modificações indesejáveis que este conjunto de processos pode acarretar, o escurecimento é um dos problemas mais importantes em frutas e hortaliças minimamente processadas, sendo uma das mais importantes causas de perda de qualidade (Cantwell, 1992; Cantwell, 1996; Artes et al, 1998). Assim, o controle da resposta fisiológica aos ferimentos no seu processo de preparo é a chave para se obter um produto minimamente processado de boa qualidade.

As enzimas que têm maior importância no processamento mínimo de frutas e hortaliças são as polifenoloxidasas (PPOs), peroxidases (PDOs) e lipoxigenases, associadas com modificações no “flavor” e na coloração, além da pectinametilesterase (PME) e poligalacturonase (PG), que atuam na modificação da textura com amaciamento dos tecidos.

O escurecimento enzimático consiste, basicamente, na oxidação de substratos fenólicos e a subsequente polimerização não enzimática das *o*-quinonas, moléculas muito reativas que se condensam rapidamente, combinando-se com grupos aminos ou

sulfídricos das proteínas e dos açúcares redutores, formando pigmentos escuros de alto peso molecular e estrutura desconhecida denominada melanina (Araújo, 1995).

O processo de escurecimento é desencadeado quando ocorre a operação de corte durante o processamento, onde os substratos fenólicos de localização vacuolar entram em contato com as enzimas catalizadoras das reações de oxidações dos polifenóis (polifenoloxidase ou PPO), de localização citoplasmática e que estão associadas às estruturas de membranas dos plastídios. O escurecimento enzimático ocorre quando os substratos fenólicos, as PPOs e o oxigênio se encontram em condições ideais de pH (6 a 8), temperatura e atividade da água (Artes et al., 1998). A principal enzima responsável pelas reações de escurecimento é a polifenoloxidase, embora também seja possível a participação de outras enzimas, tais como a peroxidase.

Os agentes redutores ou antioxidantes previnem o escurecimento através da redução das *o*-quinonas formadas enzimaticamente, a difenóis incolores correspondentes, podendo também reagir irreversivelmente com as *o*-quinonas formando compostos incolores estáveis. Como exemplo destas substâncias tem-se o ácido ascórbico e seus derivados (Artes et al., 1998).

O efeito benéfico do ácido ascórbico se atribui a vários aspectos, um destes sendo o efeito de captação do oxigênio e proteção, formando uma barreira que impede a difusão do oxigênio para o interior do produto, reduzindo as quinonas geradas e inibindo as PPOs (Artes et al., 1998).

O ácido cítrico também pode ser utilizado como antioxidante e como agente quelante, sendo usado sinergisticamente com ácidos ascórbico ou eritórbito e seus sais neutros para quelar peroxidantes, os quais podem causar rancidez e inativar enzimas como a polifenoloxidase, que causa reações de escurecimento (Wiley, 1994).

O objetivo deste experimento foi testar dois antioxidantes já conhecidos e a combinação destes, na busca de minimizar a reação de escurecimento enzimático devido ao processamento mínimo das raízes de rabanete minimamente processadas em retalhos.

7.2 Material e Métodos

7.2.1 Obtenção e acondicionamento do material experimental

Maços (folhas e raízes) de rabanete da variedade ‘Crimson gigante’, colhidos na região de Piracicaba-SP, foram transportados até o Laboratório de Pós-colheita do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - USP, onde foram selecionados quanto à firmeza, ausência de danos mecânicos e infecções visíveis. A temperatura do laboratório foi regulada para 18°C.

Posteriormente, os maços foram armazenados a 10°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) e 90% ($\pm 5\%$) UR por um período de 3 horas.

7.2.2 Processamento mínimo

As etapas de processamento mínimo foram realizadas a uma temperatura de 18°C, tendo sido utilizados equipamentos de proteção individual (EPI), como luvas, gorros, máscaras, aventais e botas.

Inicialmente as raízes de rabanete, na denominada “área suja”, passaram pelas etapas de seleção 1, lavagem e sanitização 1. O material sanitizado e escorrido foi levado para a câmara fria a uma temperatura de 10°C (“área limpa”). Nestas condições, o material foi submetido às etapas de preparo do material, enxágüe 1, sanitização 2 e enxágüe 2.

Após o enxágüe 2, as raízes de rabanete minimamente processadas em retalhos foram submersas por 3 minutos, nos seus devidos tratamentos:

T1 = controle (imersão em água destilada);

T2 = imersão em solução de ácido cítrico (AC) a uma concentração de 2000 mg L⁻¹;

T3 = imersão em solução de ácido ascórbico (AA) a uma concentração de 2000 mg L⁻¹;

T4 = imersão em solução de ácido cítrico (1000 mg L⁻¹) + ácido ascórbico (1000 mg L⁻¹), resultando em uma concentração total de 2000 mg L⁻¹ (AC+AA).

Após a aplicação dos tratamentos foram realizadas as seguintes etapas constantes do padrão, ou seja, centrifugação, seleção 2, embalagem de uma parte em bandejas de poliestireno expandido envoltas por filme de PVC com 14 µm de espessura e de outra parte em frascos de vidro de 580 mL. O armazenamento foi realizado em câmara fria a 5°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) e 90% ($\pm 5\%$) UR, por um período de 10 dias.

A descrição detalhada das etapas não abordadas neste item, passo a passo, é apresentada no Capítulo 3, item 3.2.2.

7.2.3 Determinações

As avaliações foram realizadas durante 10 dias de armazenamento, sendo diárias para as avaliações de taxa respiratória, e a cada 2 dias para as análises físico-químicas.

Além das determinações de taxa respiratória (Capítulo 3, item 3.2.3.1), teor de sólidos solúveis totais (SST), perda de matéria fresca, acidez titulável, teor de ácido ascórbico (vitamina C) e coloração (Capítulo 5, item 5.2.3), foi realizada no produto.

7.2.4 Análise dos resultados

Para as análises físico-químicas, o delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 6. Os fatores estudados foram tratamento em 4 níveis, e tempo de armazenamento, em 6 níveis. Utilizaram-se 4 bandejas de 130g do produto minimamente processado por tratamento. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico SAS (SAS Institute, Inc., 1998).

Para a quantificação da taxa respiratória, o delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com seis repetições por tratamento. Os dados foram submetidos à análise de medidas repetidas, que é diferente das análises usuais de variância, uma vez que se obteve uma correlação significativa para o fator tempo de armazenamento. Uma vez que a mesma unidade experimental foi utilizada durante todo

o experimento, esta correlação foi medida usando o teste de esfericidade. A comparação de médias entre os tratamentos foi feita univariadamente (para cada dia em separado), pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se também o programa estatístico SAS (SAS Institute, 1998).

7.3 Resultados e Discussão

7.3.1 Taxa respiratória

O tratamento com ácido ascórbico apresentou a maior taxa respiratória nas 4 primeiras horas avaliadas, seguidos dos tratamentos com a somatória de ácido ascórbico e cítrico, controle e por último com ácido cítrico (Figura 21 e Tabela 37). Após 4 horas do processamento, o tratamento com ácido ascórbico obteve 15,27 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, com ácido ascórbico + cítrico, 12,19 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹; controle, 10,02 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹; e o com ácido cítrico, 5,52 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹.

Figura 21 – Taxa respiratória de rabanete minimamente processado em função dos tratamentos aplicados (AC = ácido cítrico; AA = ácido ascórbico)

Tabela 37. Taxa respiratória ($\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) de rabanetes minimamente processados em função dos tratamentos aplicados, logo após o processamento

Tratamentos	Horas a 5°C			
	1	2	3	4
Controle	11,83 bc	10,60 bc	10,56 b	10,02 b
AC	7,45 c	6,12 c	5,75 c	5,52 c
AA	18,59 a	16,23 a	15,79 a	15,27 a
AC+AA	15,18 ab	13,14 ab	12,63 ab	12,19 ab
CV (%)	23,23	24,53	25,11	25,38

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. AC = ácido cítrico; AA = ácido ascórbico.

Houve acréscimo na taxa respiratória do produto durante o armazenamento para todos os tratamentos, exceto para o tratamento com ácido cítrico (Figura 22 e Tabela 38). O ácido cítrico é um dos controladores do metabolismo respiratório celular. Segundo Taiz e Zeiger (2004), o acúmulo de ácido cítrico inibe a ação da piruvato quinase citosólica, aumentando a concentração de fosfoenolpiruvato no citossol que, por sua vez, reduz a taxa de conversão de frutose 6 – fosfato em frutose 1,6 – bifosfato, inibindo, assim, a glicólise. O ácido cítrico também reduz o pH citosólico e parece influenciar diretamente a atividade da fosfofrutoquinase (Kato–Noguchi & Watada, 1997).

Estes resultados são similares aos obtidos por Antonioli (2004), que em pesquisa com abacaxi ‘pérola’ minimamente processado observou taxas respiratórias superiores ao controle nos tratamentos que continham ácido ascórbico. Vitti (2003) também encontrou que a aplicação de ácido cítrico em diferentes concentrações causou redução da atividade respiratória de beterrabas minimamente processadas.

Figura 22 – Taxa respiratória de rabanetes minimamente processados, em função dos tratamentos aplicados; AC = ácido cítrico, AA = ácido ascórbico

O aumento da taxa respiratória em função dos tratamentos com ácido ascórbico se deve, provavelmente, ao uso deste como substrato para a respiração pelo vegetal. À medida que este foi sendo consumido, principalmente após o 5º dia a 5°C, a taxa respiratória foi sendo reduzida.

Tabela 38. Taxa respiratória (mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹) de rabanetes minimamente processados em retalhos, em função dos tratamentos aplicados

Tratamentos	Dias a 5°C											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Controle	11,83 bc	34,99 b	45,75 b	35,44 b	38,47 b	35,53 b	15,19 c	12,31 b	23,58 a	23,22 b	21,31 b	
AC	7,45 c	6,30 c	3,90 c	2,79 c	3,77 c	3,83 c	3,18 d	0,93 c	3,35 b	3,72 c	2,22 c	
AA	18,59 a	47,59 a	76,60 a	73,41 a	88,39 a	93,87 a	46,23 a	25,90 a	39,22 a	46,93 a	34,18 a	
AC+AA	15,18 ab	34,41 b	39,25 b	42,79 b	48,97 b	52,89 b	27,82 b	16,80 b	29,60 a	36,78 a	30,54 ab	
CV (%)	23,23	17,26	16,99	15,19	19,21	34,24	15,65	25,45	41,99	27,18	28,71	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. AC = ácido cítrico; AA = ácido ascórbico.

7.3.2 Teor de sólidos solúveis totais (SST)

Houve uma redução no teor de SST após dois dias de armazenamento, posteriormente estabilizando-se até o final do armazenamento (Tabela 39). No tratamento controle os teores foram sempre menores, indicando um possível maior consumo de carboidratos na respiração. Também, o acréscimo de ácidos em função dos tratamentos pode ter elevado o teor de SST.

Tabela 39. Teor de sólidos solúveis totais (°Brix) de rabanetes minimamente processados em função dos tratamentos aplicados

Tratamentos	Dias a 5°C						CV (%)
	0	2	4	6	8	10	
Controle	3,50 aA	2,02 bB	1,85 cC	1,72 bCD	1,62 cD	1,47 cE	3,27
AC	3,50 aA	2,42 aBC	2,62 aB	2,32 aC	2,37 aC	2,27 aC	4,04
AA	3,50 aA	2,47 aB	2,32 bBC	2,20 aC	2,10 bCD	1,95 bD	4,40
AC+AA	3,50 aA	2,32 aBC	2,45 abB	2,20 aCD	2,02 bE	2,10 abDE	3,13
CV (%)	-	4,50	4,23	4,21	5,36	4,79	-

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. AC = ácido cítrico; AA = ácido ascórbico.

Arruda et al. (2000) não verificaram diferenças quanto ao teor de SST em alface minimamente processadas tratadas com antioxidantes (ácido ascórbico, ácido cítrico e etileno-diamino-tetracetato de cálcio e de sódio-EDTA). Reis (2002), estudando o uso de diferentes concentrações de antioxidantes (ácido ascórbico, L-cisteína e cloreto de cálcio) em banana minimamente processada e armazenada a 8°C, durante 4 dias, obteve menores teores de SST nos tratamentos com as maiores concentrações.

7.3.3 Perda de matéria fresca

Não houve diferença entre os tratamentos em nenhum dos dias de avaliação, apresentando todos uma perda de 1% ao final do experimento. Estes resultados

concordam com os obtidos por Oliveira et al. (2003a) que, trabalhando com ácido ascórbico na conservação de pepinos minimamente processados, não observaram diferenças significativas entre os tratamentos. Tais resultados também se assemelham àqueles obtidos por Damatto Jr. et al. (2003) e Oliveira et al. (2003b).

De fato, não eram esperadas diferenças para esta variável, considerando que os tratamentos aplicados não fornecem barreira à perda de água.

7.3.4 Acidez titulável

No início do experimento obteve-se 0,05 % de ácido málico para todos os tratamentos, enquanto que no 10º dia, estes valores foram de 0,16; 0,06; 0,05 e 0,03 %, para os tratamentos com ácido cítrico, ácido cítrico + ascórbico, ácido ascórbico e controle, respectivamente (Tabela 40).

Tabela 40. Acidez titulável (% de ácido málico) de rabanetes minimamente processados em função dos tratamentos aplicados

Tratamentos	Dias a 5°C						CV (%)
	0	2	4	6	8	10	
Controle	0,05 aA	0,03 dB	0,03 cB	0,04 cB	0,03 bB	0,03 aB	14,34
AC	0,05 aB	0,31 aA	0,29 aA	0,27 aA	0,30 aA	0,16 aAB	30,15
AA	0,05 aB	0,09 cA	0,05 cB	0,05 cB	0,04 bB	0,05 aB	12,31
AC+AA	0,05 aD	0,18 bA	0,10 bB	0,08 bBC	0,05 bD	0,06 aCD	12,81
CV (%)	-	12,13	18,62	8,85	26,22	28,31	-

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. AC = ácido cítrico; AA = ácido ascórbico.

Resultados estes, que diferem dos obtidos por Antonioli (2004), nos quais não se observou efeito dos tratamentos com ácido ascórbico e ácido cítrico quanto a acidez titulável dos frutos de abacaxi ‘pérola’ minimamente processado.

Ao aplicar ácidos externamente ao produto, este vão incrementar o teor de acidez titulável, uma vez que para esta determinação, são quantificados todos os ácidos presentes no produto. Fato este claramente observado nos tratamentos com ácido cítrico até o 8º dia de experimento. Para o tratamento com ácido ascórbico este aumento só ocorreu até o 2º dia de armazenamento, devido, provavelmente, a que este ácido esteja sendo consumido mais rapidamente em reações antioxidativas.

7.3.5 Teor de ácido ascórbico (vitamina C)

Constatou-se, no 2º dia de armazenamento, um aumento no teor de vitamina C nas raízes submetidas aos tratamentos com ácido ascórbico e ácido ascórbico + cítrico, sendo estes significativamente superiores ao controle e ao tratamento com ácido cítrico, comportamento mantido ao longo do armazenamento. No 10º dia, obteve-se 58,02; 20,62; 5,35 e 7,45 mg ácido ascórbico/100 g, nos tratamentos de ácido ascórbico, ácido ascórbico + cítrico, ácido cítrico e controle, respectivamente (Tabela 41).

Tabela 41. Teor de ácido ascórbico (mg ácido ascórbico/100g) de rabanetes minimamente processados em função dos tratamentos aplicados

Tratamentos	Dias a 5°C						CV (%)
	0	2	4	6	8	10	
Controle	19,89 aA	11,41 cBC	13,02 bB	11,72 bBC	11,21 cBC	7,45 cC	16,23
AC	19,89 aA	11,83 cB	7,24 bC	6,75 bC	5,48 dC	5,35 cC	14,21
AA	19,89 aB	371,64 aA	74,15 aB	40,06 aB	52,63 aB	58,02 aB	31,24
AC+AA	19,89 aC	179,17 bA	73,04 aB	41,96 aC	18,48 bC	20,62 bC	21,00
CV (%)	-	26,89	34,21	32,96	9,93	13,04	-

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. AC = ácido cítrico; AA = ácido ascórbico.

Devido à aplicação exógena de ácido ascórbico, ocorreu um incremento nos teores de vitamina C, concordando com o observado em experimentos com abacaxi

(Antoniolli, 2004), kiwi (Carvalho e Lima, 2002), mamão (Miranda, 2001) e mini-milho (Reis et al., 2004) minimamente processados.

7.3.6 Coloração

Constatou-se que os valores de luminosidade (L^*), de maneira geral, decresceram durante o armazenamento. Inicialmente, este valor era de 74,54, enquanto que no 10º dia, o menor valor observado foi do tratamento controle (51,57), não existindo diferenças significativas neste dia entre os tratamentos. Isso indica que os tratamentos antioxidantes não foram efetivos na minimização do escurecimento enzimático em função do processamento mínimo (Tabela 42).

Melo et al. (2004), trabalhando com banana ‘Maçã’ minimamente processada e submetida a antioxidantes (ácido ascórbico, cloreto de cálcio, cloridrato de L-cisteína e EDTA), observaram maiores valores de L^* para os frutos tratados com EDTA e menores para aqueles tratados com a combinação dos outros 3 antioxidantes mencionados, durante o armazenamento a 5°C.

Tabela 42. Valores de Luminosidade (L^*) de rabanetes minimamente processados em função aos tratamentos aplicados

Tratamentos	Dias a 5°C						CV (%)
	0	2	4	6	8	10	
Controle	74,54 aA	55,83 aB	56,12 aB	53,49 aBC	56,22 aB	51,57 aC	2,47
AC	74,54 aA	51,97 bB	52,02 bB	53,65 aB	50,75 bB	51,67 aB	5,06
AA	74,54 aA	55,10 abB	55,06 aB	54,66 aBC	55,93 aB	52,41 aC	1,96
AC+AA	74,54 aA	52,35 bB	55,00 abB	55,22 aB	54,34 aB	55,08 aB	3,17
CV (%)	-	3,04	2,64	2,23	2,35	6,30	-

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. AC = ácido cítrico; AA = ácido ascórbico.

Inicialmente os valores de a^* foram de -0,55, atingindo, ao 4º dia de armazenamento, valores de 22,85; 10,70; 3,98 e 3,39, para os tratamentos com ácido cítrico, ácido cítrico + ascórbico, ácido ascórbico e controle, respectivamente. O tratamento com ácido cítrico mostrou-se significativamente superior aos demais. Já no 10º dia de armazenamento, estes valores passaram a 13,28; 4,55; 4,35 e 3,25, para os tratamentos com ácido cítrico, ácido cítrico + ascórbico, ácido ascórbico e controle, respectivamente, não apresentando diferenças significativas entre eles.

Avaliando-se os resultados obtidos, pode ser verificado que os tratamentos com ácido cítrico, seja este aplicado isoladamente ou em conjunto com o ácido ascórbico, modificam a coloração normal das raízes de rabanete minimamente processadas, conferindo uma coloração fortemente avermelhada (Figura 55 do anexo e Tabela 42). Ainda não se tem determinada a causa para este tipo de resultado, sendo possível alguma reação bioquímica entre o ácido cítrico e algum composto presente no rabanete.

Melo et al. (2004), ao trabalhar com banana ‘Maçã’ minimamente processada e submetida a antioxidantes (ácido ascórbico, cloreto de cálcio, cloridrato de L-cisteína e EDTA), verificou que, para os tratamentos com cloridrato de L-cisteína, a variável a^* obteve maiores valores, determinando um avermelhamento dos frutos, tendo sido sua intensidade inversamente proporcional à sua concentração.

Tabela 42. Valores de a^* de rabanetes minimamente processados em função dos tratamentos aplicados

Tratamentos	Dias a 5°C						CV (%)
	0	2	4	6	8	10	
Controle	- 0,55 aB	3,47 cA	3,39 cA	3,54 cA	4,53 bA	3,25 aA	35,39
AC	- 0,55 aB	19,13 aA	22,85 aA	16,86 aA	23,95 aA	13,28 aA	37,12
AA	- 0,55 aC	6,94 cA	3,98 cB	3,63 cB	4,19 bB	4,35 aB	24,19
AC+AA	- 0,55 aD	13,97 bA	10,70 bAB	7,67 bBC	7,81 bBC	4,55 aC	21,17
CV (%)	-	20,80	16,75	22,02	33,70	21,20	-

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. AC = ácido cítrico; AA = ácido ascórbico.

Para os valores de b^* não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos ao 10º dia de armazenamento (Tabela 44).

Tabela 44. Valores de b^* de rabanetes minimamente processados em função dos tratamentos aplicados

Tratamentos	Dias a 5°C						CV (%)
	0	2	4	6	8	10	
Controle	3,90 aD	4,67 bCD	5,11 bCD	6,18 aBC	7,64 abAB	8,76 aA	13,79
AC	3,90 aA	7,68 aA	9,29 aA	6,17 aA	10,20 aA	7,30 aA	15,15
AA	3,90 aC	2,73 bC	3,03 bcC	6,05 aB	8,21 abA	7,59 aA	12,06
AC+AA	3,90 aA	4,72 bA	2,71 cA	3,04 bA	4,69 bA	3,92 aA	23,82
CV (%)	-	23,50	20,39	9,91	21,19	18,25	-

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. AC = ácido cítrico; AA = ácido ascórbico.

O ácido cítrico, embora seja um antioxidante natural e provoque redução na respiração do rabanete, modifica a coloração normal das raízes de rabanete minimamente processadas, conferindo-lhes uma coloração avermelhada, sendo esta indesejável do ponto de vista comercial. São necessários outros estudos visando reduzir o escurecimento deste produto minimamente processado e assim, contribuir para um aumento na sua vida de conservação.

7.4 Conclusão

- Nenhum dos antioxidantes testados evitou o escurecimento enzimático das raízes de rabanete minimamente processadas em retalhos e armazenadas a 5°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) e 90% ($\pm 5\%$) UR por 10 dias.

8 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Nos estudos sobre processamento mínimo de rabanete, inferiu-se as seguintes considerações gerais:

Os cuidados tomados quanto à escolha de um vegetal de qualidade e às condições higiênicas, levam à obtenção de um produto com padrão microbiológico, de acordo com a legislação de alimentos frescos, até o 10º dia de armazenamento.

Os rabanetes minimamente processados devem receber duas sanitizações (antes e depois do preparo do material) em ambos os casos com 200 mg L⁻¹ de cloro ativo.

O processamento mínimo das raízes em retalhos armazenadas a 5°C e 10°C, após 12 horas do processamento, produziram taxas de etileno 171% e 400% superiores, às aquelas armazenadas a 1°C. Rabanetes minimamente processados em retalhos devem ser armazenados, preferencialmente, a 1°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) e 90% ($\pm 5\%$) UR, até 10 dias, pois a esta temperatura são minimizados os fatores prejudiciais ao produto.

As raízes minimamente processadas em retalhos apresentaram maior taxa respiratória que as raízes em rodela e inteiras, armazenadas a 1°C, 5°C e 10°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) e 90% ($\pm 5\%$) UR, podendo dar como consequência, uma menor vida de prateleira do produto.

Os teores de ácido ascórbico presente no rabanete diminuem com a intensidade do processamento mínimo, o aumento da temperatura de armazenamento e o tempo, com reduções de até 86,6% do teor inicial nos rabanetes minimamente processados em retalhos e armazenados a 10°C, ao longo de 10 dias.

A temperatura de 10°C, não é recomendável para o armazenamento de rabanetes minimamente processados em retalhos e em rodela. As temperaturas de 1°C e 5°C

($\pm 1^{\circ}\text{C}$) e 90% ($\pm 5\%$) UR, são as mais indicadas para manter a qualidade de rabanetes minimamente processados em rodela.

O filme de PEBD de 20 μm de espessura não é recomendável para a embalagem de rabanetes minimamente processados em retalhos, armazenados a 5°C ($\pm 1^{\circ}\text{C}$) e 90% ($\pm 5\%$) UR, uma vez que pode causar anaerobioses ao produto. Sendo o filme de PVC de 14 ou 17 μm de espessura, envolvendo bandejas de poliestireno expandido, dentre as embalagens e/ou filmes testados, os mais recomendáveis.

O tratamento com ácido ascórbico nas concentrações de 2000 mg L^{-1} e 1000 mg L^{-1} , elevam a taxa respiratória de rabanetes minimamente processados em retalhos e armazenados a 5°C . O tratamento com ácido cítrico nas concentrações de 2000 mg L^{-1} e 1000 mg L^{-1} , diminuem a taxa respiratória de rabanetes minimamente processados em retalhos e armazenados a 5°C ($\pm 1^{\circ}\text{C}$) e 90% ($\pm 5\%$) UR, também, provoca uma coloração avermelhada no produto.

Mediante os experimentos desenvolvidos, sugere-se, que o rabanete seja minimamente processado em rodela, posteriormente, seja embalado em bandejas de poliestireno expandido envoltas com filme de PVC de 14 ou 17 μm de espessura, e armazenado a 1°C ou 5°C e 90% ($\pm 5\%$) UR, por um período de até 10 dias. No caso do processamento mínimo ser em retalhos, este deve seguir todas as recomendações anteriores, a exceção da temperatura de armazenamento, que deve ser de 1°C . Ressalta-se que deve ser acrescentada ao fluxograma inicial de preparo no processamento mínimo, seja este qual for, uma sanitização adicional.

ANEXOS

Figura 23 - Maços (folhas e raízes) de rabanete

Figura 24 - Raízes de rabanete

Figura 25 - Etapa de Seleção 1 do processamento mínimo

Figura 26 - Final da Seleção 1 do processamento mínimo

Figura 27 - Etapa de Lavagem do processamento mínimo

Figura 28 - Etapa de Sanitização 1 do processamento mínimo

Figura 29 - Vestimenta utilizada para o processamento mínimo

Figura 30 - Pedilúvio na entrada da "área limpa"

Figura 31 - Etapa de Preparo do Material do processamento mínimo

Figura 32 - Etapa de Preparo do Material (Corte do material em retalhos) do processamento mínimo

Figura 33 - Etapa de Preparo do Material (Corte do material em rodela) do processamento mínimo

Figura 34 - Etapa de Enxágüe 1 (raízes inteiras) do processamento mínimo

Figura 35 - Etapa de Enxágüe 1 (raízes em rodela) do processamento mínimo

Figura 36 - Etapa de Sanitização 2 (raízes inteiras) do processamento mínimo

Figura 37 - Etapa de Sanitização 2 (raízes em rodela) do processamento mínimo

Figura 38 - Etapa de Enxágüe 2 (raízes inteiras) do processamento mínimo

Figura 39 - Etapa de Enxágüe 2 (raízes em rodela) do processamento mínimo

Figura 40 - Etapa de Retirada do excesso de água (escorrimento) do processamento mínimo

Figura 41 - Etapa de Retirada do excesso de água (centrifugação) do processamento mínimo

Figura 42 - Etapa de Embalagem (raízes inteiras - frasco) do processamento mínimo

Figura 43 - Etapa de Embalagem (raízes em rodela - frasco) do processamento mínimo

Figura 44 - Etapa de Embalagem (raízes em retalhos - frasco) do processamento mínimo

Figura 45 - Etapa de Armazenamento (bandejas) do processamento mínimo

Figura 46 - Etapa de Armazenamento (frascos e bandejas) do processamento mínimo

Figura 47 - Avaliação de 2 tipos de corte e 3 temperaturas (2º dia de armazenamento) - Capítulo 5

Figura 48 - Avaliação de 2 tipos de corte e 3 temperaturas (4º dia de armazenamento) - Capítulo 5

Figura 49 - Avaliação de 2 tipos de corte e 3 temperaturas (6º dia de armazenamento) - Capítulo 5

Figura 50 - Avaliação de 2 tipos de corte e 3 temperaturas (10º dia de armazenamento) - Capítulo 5

Figura 51 - Avaliação de embalagens e/ou filmes - Capítulo 6

Figura 52 - Avaliação de embalagens e/ou filmes (2º dia de armazenamento) - Capítulo 6

Figura 53 - Avaliação de embalagens e/ou filmes (6º dia de armazenamento) - Capítulo 6

Figura 54 - Avaliação de embalagens e/ou filmes (10º dia de armazenamento) - Capítulo 6

Figura 55 - Avaliação de antioxidantes (2º dia de armazenamento) - Capítulo 7

Figura 56 - Avaliação de antioxidantes (4º dia de armazenamento) - Capítulo 7

Figura 57 - Avaliação de antioxidantes (6º dia de armazenamento) - Capítulo 7

Figura 58 - Avaliação de antioxidantes (10º dia de armazenamento) - Capítulo 7

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABELES, F.B. **Ethylene in plant biology**. New York: Academic Press, 1973. 302p.

ABELES, F.B.; MORGAN, P.W.; SALTVEIT JUNIOR, M.E. **Ethylene in plant biology**. 2 ed. San Diego, California: Academic Press, 1992. 414p.

ACHARAM, M.Y. **As Plantas que Curam**: a prevenção e cura das doenças pelas plantas. São Paulo: Li-Bra, 1992. 410p.

AGAR, I.T.; MASSANTINI, R.; HESS-PIERCE, B.; KADER, A.A. Postharvest CO₂ and ethylene production and quality maintenance of fresh-cut kiwifruit slices. **Journal of Food Science**, v. 64, p. 433-440, 1999.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução – RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001. www.anvisa.gov.br/legis/resol/12_01rdc.htm (21 fev. 2004).

ANTONIOLLI, L.R. Processamento mínimo de abacaxi “pérola”. Campinas, 2004. 166p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas.

ARAÚJO, A. **Escurecimento enzimático em alimentos**. Viçosa: Imprensa Universitária. 1995. 14p.

ARAÚJO, P.G.L.; CAVALCANTE, R.A.; MOSCA, J.L.; SILVA, E.D.O. Qualidade de repolho (*Brassica oleraceae* L.) minimamente processado armazenado sob refrigeração em diferentes embalagens. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 3., Viçosa, 2004. **Palestras, Resumos e Oficinas**, Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004. p.169.

ARRUDA, M.C.; OJEDA, R.M.; JACOMINO, A.P.; KLUGE, R.A. Redução do escurecimento enzimático em folhas de alface tratadas com antioxidantes. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., Viçosa, 2000. **Resumos**, Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. p.27.

ARRUDA, M.C.; AZZOLINI, M.; JACOMINO, A.P.; KLUGE, R.A. Conservação de agrião minimamente processado em função da temperatura de armazenamento. **Horticultura brasileira**, v.21, n.2, p.381, 2003.

ARTES, F. Productos vegetables procesados en fresco. In: LAMUA, M. (Ed.). **Aplicación del frio a los alimentos**. Madrid: Edit. Mundi Prensa. cap.5, p.127-141, 2000.

ARTES, F.; CASTANER, M.; GIL, M.I. El pardeamiento enzimático en frutas y hortalizas minimamente procesadas. **Food Science Research International**, v.6, n.4, p.377-389, 1998.

BEHRSING, J.P. Effect of temperature and size reduction on respiratory activity and shelf life of vegetables. **Acta Horticulturae**, v. 464, p.500-506, 1998.

BRECHT, J.K. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. **HortScience**, v.30, n.1, p.18-21, 1995.

- CALEGARIO, F.F. Ativação de proteína mitocondrial desacopladora e oxidase alternativa em tubérculos de batata armazenados sob refrigeração. Piracicaba, 2001. 75p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- CANTWELL, M. Postharvest handling systems: minimally processed fruits and vegetables. In: KADER, A.A. (Ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. Oakland: University of California, 1992. p.277-281.
- CANTWELL, M. Fresh cut product biology requirements. **Perishables Handling Newsletter**, v.81, p.4-6, 1995.
- CANTWELL, M. **Fresh-cut products. Maintaining quality and safety**. California: Univ. of California, 1996. 536p.
- CANTWELL, M. The dynamic fresh-cut sector of the horticultural industry. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000. Viçosa: **Palestras**, Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. p.147-155.
- CANTWELL, M. **Postharvest handling systems**: minimally processed fruits and vegetables. University of California, Vegetable Research & Information Center, 2004. <http://vric.ucdavis.edu/selectnewtopic.minproc.htm> (20 abr. 2004).
- CARLIN, F.; NGUYEN-THE, C.; CHAMBROY, Y.; REICH, M. Effects of controlled atmospheres on microbial spoilage, electrolyte leakage and sugar content of fresh, “ready-to-use” grated carrots. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 25, p. 110-119, 1990.

- CARUSO, J.G.B.; CAMARGO, R. Microbiologia de Alimentos. In: CAMARGO, R. (Ed.). **Tecnologia dos produtos agropecuários-alimentos**. São Paulo: Nobel, 1984, p.35-49.
- CARVALHO, C.R.L.; MANTOVANI, D.M.B.; CARVALHO, P.R.N.; MORAES, R.M.N. **Análises químicas de alimentos**. Campinas: ITAL, 1990. 121p. (ITAL. Manual Técnico).
- CARVALHO, A.V.; LIMA, L.C.O. Qualidade de kiwis minimamente processados e submetidos a tratamento com ácido ascórbico, ácido cítrico e cloreto de cálcio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.5, p. 679-685, 2002.
- CHITARRA, M.I.F. **Processamento mínimo de frutos e hortaliças**. Viçosa: CPT, 1998. 88p.
- CHITARRA, M.I., CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 320p.
- CONKLIN, P.L. Vitamin C: a new pathway for a old antioxidant. **Trends in plant science**, v. 3, n. 9, p.329-330, set/1998.
- CORTEZ, L.A.B.; HONÓRIO, S.L.; MORETTI, C.L. **Resfriamento de frutas e hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2002. 428p.
- DAMATTO JUNIOR, E.R.; MANOEL, L.; CAMPOS, A.J.; VIEITES, R.L. Utilização de ácido cítrico, ácido ascórbico e cloreto de cálcio na qualidade de couve-manteiga “minimamente processada” e armazenada sob refrigeração. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 2, p.386, 2003.

DANTAS, T.M.; ANSELMO, F.D.M.; LIMA, C.R.M.; MOSCA, J.L.; SILVA, E.D.O. Cenoura minimamente processada em diferentes cortes armazenada sob atmosfera modificada. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 3., Viçosa, 2004. **Palestras, Resumos e Oficinas**, Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004. p.195.

DONG, X.; WROLSTAD, R.E.; SUGAR, D. Extending shelf-life of fresh-cut pears. **Journal of Food Science**, n. 65, p.181-186, 2000.

DYCHDALA, G.R. Chlorine and chlorine compounds. In: BLOCK, S.S.; BARKLEY, W.E. **Desinfection sterelization and preservation**. 4.ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1991. p. 131-151.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA **Iniciando um pequeno grande negócio agroindustrial: hortaliças minimamente processadas**. Brasília: EMBRAPA/SEBRAE, 2003. 133p. (Série Agronegócios).

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION **Producción, poscosecha, procesamiento y comercialización de ajo, cebolla y tomate**. Santiago, Ch.: Editora UCH, 1992. 413p.

FERREIRA, M.A. Um mercado fértil para o Brasil. **Frutas & Legumes**, v.1, p.8-11, mar./abr. 2000.

FERSINI, A. **Horticultura práctica**. México: Editora Diana, 1976. 39p.

FINGER, F.L; VIEIRA, G. **Controle da perda pós-colheita de água em produtos hortícolas**. Viçosa: Editora UFV, 1997. 29p.

GAVA, A.J. **Princípios de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Nobel, 1984. 284p.

- GORNY, J.R.; GIL, M.I.; KADER, A.A. Postharvest physiology and quality maintenance of fresh-cut pears. **Acta Horticulturae**, n.464, p.231-236, 1998.
- GORNY, J.R.; HESS-PIERCE, B.; CIFUENTES, R.A.; KADER, A.A. Quality changes in fresh-cut pear slices as affected by controlled atmospheres and chemical preservatives. **Postharvest Biology and Technology**, v.24, p. 271-278, 2002.
- GUNES, G.; LEE, C. Color of minimally processed potatoes as affected by modified atmosphere packaging and ant browning agents. **Journal of Food Science**, n.62, p.572-582, 1997.
- HERSON, A.C.; HULLAND, E.D. **Conservas alimenticias: procesado termico y microbiologia**. Zaragoza: Acribia, 1980. 451p.
- JACOMINO, A.P. Conservação de goiabas “Kumagai” em diferentes temperaturas e materiais de embalagem. Piracicaba, 1999. 90p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- KASMIRE, R.F.; CANTWELL, M. Postharvest handling systems: underground vegetables (roots, tubers, and bulbs). In: KADER, A.A. (Ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. Oakland: Division of Agriculture and Natural Resources: University of California, 1992. cap. 31, p.271-275.
- KATO-NOGUCHI, H.; WATADA, A.E. Citric acid reduces the respiration of fresh-cut carrots. **HortScience**, v. 32, n. 1, p. 136, 1997.
- KAYS, S.J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. 532p.

- KLUGE, R.A.; NACHTIGAL, J.C.; FACHINELLO, J.C.; BILHALVA, A.B. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. Campinas: Livraria e Editora Rural, 2002. 214p.
- MAHARAJ, R.; ARUL, J.; NADEAU, P. Effect of photochemical treatment in the preservation of fresh tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. Capello) by delaying senescence. **Postharvest Biology and Technology**, v.15, n.1, p.13-23, 1999.
- MATTIUZ, B.H.; DURIGAN, J.F.; SARZI, B. Aspectos fisiológicos de goiabas “Pedro Sato” e “Paluma” submetidas a processamento mínimo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL 8., Ilhéus, 2001. **Resumos**. Ilhéus: Sociedade Brasileira de Fisiologia Vegetal, 2001. p.131.
- MEIR, S.; RUBIN, L.; ZAUBERMAN, G.; FUCHS, Y. Changes in fluorescent lipid peroxidation products of room-ripened and vine-ripened tomato fruits in relation to other ripening parameters. **Postharvest Biology and Technology**, v.2, n.2, p.125-135, 1992.
- MELO, A.A.M.; VILAS BOAS, E.V.V.; RODRÍGUES, L.J.; PENA, F.F.F. Escurecimento e amaciamento de banana maçã minimamente processadas. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS 3., Viçosa, 2004. **Palestras, Resumos e Oficinas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004, p.151.
- MINAMI, K; NETTO, J.T. **Cultura do rabanete**. Piracicaba: ESALQ - Departamento de Horticultura, 1994. 32p.
- MINAMI, K; NETTO, J.T. **Rabanete: Cultura rápida, para temperaturas amenas e solos areno-argilosos**. Piracicaba: ESALQ, 1997. 27p. (Série Produtor Rural, 4).

- MIRANDA, R.B. Avaliação da qualidade do mamão (*Carica papaya* L.) minimamente processado. Lavras, 2001. 71p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras.
- MORETTI, C.L. Processamento mínimo de hortaliças: alternativa viável para a redução de perdas pós-colheita agregação de valor ao agronegócio brasileiro. **Horticultura Brasileira**, v. 17, n. 2, p. 1-2, 1999.
- MORETTI, C.L. Processamento mínimo de mandioquinha salsa e pimentão. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., Viçosa, 2000. **Palestras**, Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. p. 132-139.
- MORETTI, C.L.; ARAÚJO A.L.; SILVA, W.L.C. Alteração no metabolismo respiratório de pimentões em função do processamento mínimo e da temperatura de armazenamento. **Horticultura Brasileira**, v. 18, n. 3, p. 331-332, 2000a.
- MORETTI, C.L.; MATTOS, M.M.I.; BASSETO, E.; MARTIN, C.S.; ROSATI, R.; SILVA, J.B.C. Redução do escurecimento enzimático em batata-doce minimamente processada. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., Viçosa, 2000. **Palestras**, Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000b. p. 55.
- NGUYEN, C.; CARLIN, F. The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 34, n.4, p. 371-401, 1994.

- NUNES, E.E.; XISTO, A.L.R.P.; VILAS BOAS, E.V.B.; VILAS BOAS, B.M. Armazenamento refrigerado de mandioquinhas-salsa minimamente processadas sob atmosfera modificada. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 3., Viçosa, 2004. **Palestras, Resumos e Oficinas**, Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004. p.191.
- O'BEIRNE, D.; BALLANTYNE, A. Some effects of modified-atmosphere packaging and vacuum packaging in combination with antioxidants on quality and storage life of chilled potato strips. **International Journal of Food Science and Technology**, n.22, p. 515-523, 1987.
- OLIVEIRA, A.L.; BRUNINI, M.A.; PEREIRA, R.C.; GUERRA, L.F.G.; SIQUEIRA, G.F. Uso de ácido ascórbico na conservação de pepinos minimamente processados. **Horticultura brasileira**, v. 21, n. 2, p.385, 2003a.
- OLIVEIRA, E.C.M.; VALLE, R.H.P.D. Aspectos microbiológicos dos produtos hortícolas minimamente processados. **Higiene Alimentar**, n.14, p.50-54, nov./dez. 2000.
- OLIVEIRA, M.A.; PANTAROTO, S.; CEREDA, M.P. Efeito da sanitização e de agente antioxidante em raízes de mandioca minimamente processadas. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 6, n. 2, p.339-344, jul./dez. 2003b.
- PAIVA, C.P.; HAPONIK, C.A.V.; OLIVEIRA, M.A.; MOSCA, J.L.; SILVA, E.O. Efeito de diferentes embalagens em rúcula (*Eruca sativa*) orgânica minimamente processada e armazenada sob refrigeração. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 3., Viçosa, 2004. **Palestras, Resumos e Oficinas**, Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004. p.170.

- PILON, L. Estabelecimento da vida útil de hortaliças minimamente processadas sob atmosfera modificada e refrigeração. Piracicaba, 2003. 111p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- PINELI, L.L.O.; ALMEIDA, G.C.; MORETTI, C.L.; ONUKI, A.C.A. Atividade respiratória de batatas “agata” minimamente processadas armazenadas sob diferentes temperaturas. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 3., Viçosa, 2004. **Palestras, Resumos e Oficinas**, Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004. p.200.
- PURVIS, A.C. The role of adaptive enzymes in carbohydrates oxidation by stressed and senescing plant tissues. **HortScience**, v.32, n.7, p.1165-1168, 1997.
- REID, M.S. Ethylene in postharvest technology. In: KADER, A.A. (Ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. Oakland: California: University of California, 1992. cap. 13, p.97-108.
- REIS, C.M.F. Manutenção da qualidade de banana “prata” minimamente processada. Lavras, 2002. 92p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras.
- REIS, K.C.D.; PEREIRA, J.; OLIVEIRA, L.C.D. Efeito do lactato de cálcio e do ácido ascórbico sobre a qualidade do mini-milho minimamente processado. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 3., Viçosa, 2004. **Palestras, Resumos e Oficinas**, Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004. p.168.
- RIBEIRO, R.A.; PUSCHMANN, R.; PUIATTI, M. Conservação de mandioquinha-salsa minimamente processada em embalagens de filmes plásticos. **Horticultura brasileira**, v. 19, n. 2, p. 255, 2001.

RINALDI, M.M.; BENEDETTI, B.,C.; CALORE, L. Efeito da embalagem e temperatura de armazenamento em repolho minimamente processado. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 3., Viçosa, 2004. **Palestras, Resumos e Oficinas**, Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004. p.164.

ROLLE, R.; CHISM, G.W. Physiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. **Journal of Food Quality**, v.10, p.157-165, 1987.

SAAVEDRA DEL AGUILA, J.; SASAKI, F.F.; JACOMINO, A.P.; KLUGE, R.A. Taxa respiratória de rabanete minimamente processado em função da temperatura de armazenamento. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 3., Viçosa, 2004. **Palestras, Resumos e Oficinas**, Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004a. p.184.

SAAVEDRA DEL AGUILA, J.; SASAKI, F.F.; JACOMINO, A.P.; KLUGE, R.A. Efeito da temperatura de armazenamento e tipo de corte sobre o conteúdo de vitamina C em rabanete minimamente processado. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 3., Viçosa, 2004. **Palestras, Resumos e Oficinas**, Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004b. p.185.

SAAVEDRA DEL AGUILA, J.; SASAKI, F.F.; KLUGE, R.A.; MARCOS ORTEGA, E.M.; VITTI, M.C.D.; JACOMINO, A.P.; Alteração no metabolismo respiratório do rabanete devido ao processamento mínimo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 44., Campo Grande, 2004. **Resumos**, Campo Grande: Horticultura Brasileira, 2004c. p.479-480.

SAAVEDRA DEL AGUILA, J.; SASAKI, F.F.; KLUGE, R.A.; ORTEGA, E.M.M.; HEIFFIG, L.S.; JACOMINO, A.P. Efeito da temperatura de armazenamento e do tipo de corte nos parâmetros físico-químicos de rabanete minimamente processado (compact disc). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS 19., Recife, 2004. **Palestras e Resumos**, Recife: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2004d.

SAKR, S.; NOUBANHI, M.; BOURBOULOX, A.; RIESMEIER, J.; FROMMER, W.B.; SAUER, N.; DELROT, S. Cutting, ageing and expression of plant membrane transporters. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 1330, p. 207-216, 1997.

SALES, A.M. **Perdas nutricionais em alimentos**. Campinas: ITAL, 1988. p. 105.

SALVEIT, M.E. Fresh-cut product biology. In: ANNUAL WORKSHOP FRES-CUT PRODUCTS: MAINTAINING QUALITY AND SAFETY, 5., Davis, 1999. **Proceedings**, Davis: University of California, 1998. p.1-10.

SANT'ANA, A.; AZEVEDO, D.P.; COSTA, M. Análise de perigos no processamento mínimo de vegetais. **Revista Higiene Alimentar**, v. 16, n. 101, p. 80-84, out./2002.

SARANTÓPOULOS, C.I.G.L.; SOLER, R.M. Embalagens com atmosfera modificada/controlada. In: SARANTÓPOULOS, C.I.G.L.; SOLER, R.M. **Novas tecnologias de acondicionamento de alimentos**. Campinas: ITAL-Centro de Tecnologia de Embalagens de Alimentos, 1988. 162p.

SASAKI, F.F.; SAAVEDRA DEL AGUILA, J.; KLUGE, R.A.; JACOMINO, A.P. Efeito dos tipos de corte sobre as características físico-químicas de abóbora minimamente processada. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 3., Viçosa, 2004. **Palestras, Resumos e Oficinas**, Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004a. p.162.

SASAKI, F.F.; SAAVEDRA DEL AGUILA, J.; KLUGE, R.A.; ORTEGA, E.M.M.; CERQUEIRA, T.S.; JACOMINO, A.P. Efeito da temperatura de armazenamento nas alterações físico-químicas de abóbora minimamente processada (compact disc). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS 19., Recife, 2004. **Palestras e Resumos**, Recife: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2004b.

SASAKI, F.F.; SAAVEDRA DEL AGUILA, J.; KLUGE, R.A.; ORTEGA, E.M.M.; JACOMINO, A.P.; CERQUEIRA, T.S. Taxa respiratória e produção de etileno de abóboras minimamente processadas em função da temperatura de armazenamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 44., Campo Grande, 2004. **Resumos**, Campo Grande: Horticultura Brasileira, 2004c. p.352.

SAS INSTITUTE, INC. **The SAS System for Windows** – Release 8,02. Cary,NC, 1998.

SIGRIST, J.M.M. Estudos fisiológicos e tecnológicos de couve-flor e rúcula minimamente processadas. Piracicaba, 2002. 112p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

SOUZA, M.C.; CHAVES, R.F.; MOSCA, J.L.; SILVA, E.B.O.; ALVES, R.L. Alface orgânica (*Lactuca sativa* L.) minimamente processada armazenada em diferentes embalagens sob refrigeração. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 3., Viçosa, 2004. **Palestras, Resumos e Oficinas**, Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004. p.171.

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

VANDERZANT, C.; SPLITTSTOESSER, D.F. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. Washington: American Public Health Association, 1992. 1219p.

VITTI D., M.C. Aspectos fisiológicos, bioquímicos e microbiológicos em beterrabas minimamente processadas. Piracicaba, 2003. 116p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

WAREHAM, P.D.; PERSAUD, K.C. On-line analysis of sample atmospheres using membrane inlet mass spectrometry as a method of monitoring vegetable respiration rate. **Analytica Chimica Acta**, n.394, p.43-54, 1999.

WATADA, A.E.; QI, L. Quality of fresh-cut produce. **Postharvest Biology and Technology**, v.15, p.201-205, 1999.

WATADA, A.E.; ABE, K.; YAMUCHI, N. Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. **Food Technology**, n.50, p.116-122, mai./1990.

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

- WILEY, R.C. **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables**. New York: Chapman & Hall, 1994. 368p.
- WILLEY, R.C. **Frutas y hortalizas minimamente processadas y refrigeradas**. Zaragoza: Acribia, 1997. 362p.
- WILLS, R.H.H.; LEE, T.H.; GRAHAM, D.; MCGLASSON, W.B.; HALL, E.G. **Postharvest**: an introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables. Wesport: AVI, 1981, 163p.
- WOODS, J.L. Moisture loss from fruits and vegetables. **Postharvest News and Information**, v.1, n.3, p.195-199, 1990.
- ZAGORY, D. Controlled and modified atmospheres. I - General aspects of film technology and selection. In: Annual Workshop Fresh-Cut Products: Maintaining Quality and Safety, 5., Davis, 1998. **Proceedings**, Davis: UNIVERSITY OF CALIFORNIA, 1998. p.1-3.