

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS

Influência da temperatura na composição gasosa e nos parâmetros físico-químicos e sensoriais de cenoura orgânica (*Daucus carota* L. var. Brasília) minimamente processada.

Trabalho apresentado ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Alimentos.

Área de concentração: Desenvolvimento de Processos da Indústria de Alimentos.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Alcilene Rodrigues Monteiro Fritz

Co-orientador: Prof^a. Dr^a. Renata Dias de Mello Castanho Amboni

Lisiane das Neves Barbosa

Engenheira de Alimentos

Florianópolis

2007

“Influência da temperatura na composição gasosa e nos parâmetros físico-químicos e sensoriais de cenoura orgânica (*Daucus carota* L. var. Brasília) minimamente processada”

Por

Lisiane das Neves Barbosa

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em **Engenharia de Alimentos**, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina.

Prof^a. Dr^a. Alcilene Rodrigues Monteiro Fritz

Orientadora

Prof^a. Dr^a. Renata Dias de Mello Castanho Amboni

Co-orientadora

Prof. Dr. José Carlos Cunha Petrus

Coordenador do CPGEA

Banca Examinadora:

Dr. Celso Luiz Moretti

EMBRAPA HORTALIÇAS - Membro Externo

Prof. Dr. José Miguel Muller

CPGEA-UFSC - Membro Interno

Prof^a. Dr^a. Regina Antonio Vasconcelos

CPGEA-UFSC -Suplente

Florianópolis, 2007.

AGRADECIMENTOS

À Deus.

Aos meus pais Neuza e Rui, pelo amor incondicional, apoio e incentivo em todas as horas da minha vida.

Ao meu noivo Fábio, pelo amor, companheirismo e apoio em todos os momentos e por compartilhar comigo essa conquista.

Ao meu irmão Fábio que mesmo à distância sempre foi um incentivo.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, pela oportunidade.

À CAPES, pela bolsa de estudos concedida.

À professora Alcilene Rodrigues Monteiro Fritz pela orientação e ensinamentos transmitidos.

À professora Renata Dias de Melo Castanho Amboni pela co-orientação, sugestões e auxílio para a execução das análises de cor e sensorial.

À Bruno Mattar Carciofi e à Cristiano Dannenhauer pelo desenvolvimento do programa utilizado na modelagem matemática.

À professora Regina de Fátima Peralta Muniz Moreira do Laboratório de Energia e Meio Ambiente (LEMA) por disponibilizar o cromatógrafo e ao aluno André Luiz Bertoldi Oberziner pela realização das análises cromatográficas.

Aos amigos do Laboratório de Propriedades Físicas (PROFI), em especial à Carmem, Bruno, Cristiano, Jaqueline, Glória, Gabriela, Juliana, Leandro e Kamila pelos momentos difíceis e de descontração compartilhados.

Em especial aos amigos Renata e Maurício pelo companheirismo e confiança.

Aos professores Miguel e Regina, e à Celso Moretti, membros da banca examinadora.

À todos que colaboraram de alguma forma para a realização deste trabalho.

RESUMO

O acondicionamento de alimentos sob atmosfera modificada é uma tecnologia disponível para prolongar a vida de frutas e hortaliças minimamente processadas. Diferente de outros alimentos frescos, como a carne, as frutas e hortaliças continuam sua atividade metabólica após a colheita e quando submetidos ao corte. O uso de embalagens adequadas combinadas a baixas temperaturas de estocagem pode retardar os processos metabólicos, visando manter a qualidade sensorial e microbiológica dos produtos frescos processados. Este trabalho teve como objetivo estudar a influência da temperatura nas taxas de respiração, parâmetros físico-químicos e sensoriais de cenoura orgânica (*Daucus Carota* L.) cv. Brasília minimamente processada, sem e com película de gelatina, acondicionadas em embalagens de polietileno de baixa densidade e armazenadas a 1°C, 5°C e 10°. A avaliação da composição gasosa foi realizada diariamente, durante os cinco primeiros dias de armazenamento, por meio de análise cromatográfica. As taxas de respiração foram calculadas usando modelo baseado na cinética enzimática. As análises físico-químicas, sensoriais e microbiológicas foram realizadas ao longo dos 15 dias de armazenamento. A taxa respiratória das cenouras armazenadas a 1°C foi significativamente inferior àquelas armazenadas a 5°C e 10°C, não sendo afetada significativamente pela aplicação da película. Os resultados das análises físico-químicas foram: a umidade diminuiu significativamente ao longo do armazenamento apenas para aquelas amostras mantidas a 10°C. Apesar da perda de massa fresca ter aumentado significativamente nas três temperaturas, não foram atingidos níveis que prejudicassem as características de qualidade do produto. Foi verificada redução significativa na força máxima de perfuração, acidez titulável, sólidos solúveis e carotenóides totais em todas as condições avaliadas. Também foi observada redução significativa na cor das amostras ao longo do período de armazenamento. Já para o pH, foi verificado aumento significativo para todas as amostras avaliadas ao longo do período de armazenamento. A avaliação sensorial do produto mostrou que as melhores notas foram obtidas para as amostras armazenadas a 1°C, nos dois tratamentos, obtendo-se notas acima do limite mínimo para aceitação e intenção de compra dos produtos.

ABSTRACT

The storage of food under modified atmosphere is an available technology to prolong the shelf-life of minimally processed fruits and vegetables. Differing from other fresh food, as meat, fruit and vegetables continue their metabolic activity after the harvest and when being cut. The use of suitable packages combined to low temperatures of storage can retard metabolic process, in order to maintain the sensory and microbiological quality the fresh cut. This work had the objective to study the influence of the temperature in the respiration rates, physicochemical and sensory parameters of organic carrot (*Daucus Carota* L.) cv. Brasilia minimally processed, with and without gelatin film, conditioned in low-density polyethylene packages and stored at 1°C, 5°C and 10°C. The evaluation of the gaseous composition was daily realized, during the first five days of storage, through chromatographic analysis. The respiration rates were calculated using a model based on enzymatic kinetic. The physicochemical, sensorial and microbiological analyses were realized during the 15 days of storage. The respiration rate of the carrots stored at 1°C was significantly lower to those stored at 5°C and 10°C, not being significantly affected by the application of the film. The results of the physicochemical analysis were: the humidity decreases significantly during storage only for those samples maintained at 10°C. Despite of the weight loss has increased significantly at the three temperatures, levels at damaged that characteristics of the product quality were not achieved. A significative reduction of the maximum power of drilling, titratable acidity, soluble solids content and carotenoids was verified in all conditions evaluated. It was also verified a significative reduction on the color of the samples during storage period. Though, for the pH, it was verified a significative increase to all the samples evaluated during the storage period. The total reducing sugars showed significant decrease for those samples stored at 5°C and 10°C. The sensorial evaluation of the product showed that the best grades were obtained by the samples stored at 1°C, on both treatments. The scoring grades above the minimal limit for acceptance and intention of purchasing the products.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE SÍMBOLOS.....	x
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVO	3
2.1 Objetivos Específicos.....	3
3 JUSTIFICATIVA	4
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
4.1 Cenouras	5
4.2 Alimentos Orgânicos.....	6
4.3 Processamento Mínimo	8
4.4 Evolução dos Produtos Minimamente Processados	11
4.5 Respiração.....	13
4.6 Modelo da Taxa de Respiração	16
4.7 Quociente Respiratório (QR).....	18
4.8 Fatores que Influenciam a Taxa Respiratória dos Produtos	19
4.8.1 Atmosfera Modificada.....	19
4.8.2 Temperatura.....	22
4.9 Características de Qualidade.....	23
5 METODOLOGIA	27
5.1 Testes Preliminares – Definição da Embalagem	27
5.2 Processamento Mínimo	27
5.3 Caracterização das Cenouras Orgânicas Minimamente Processadas	29
5.3.1 Determinação da Concentração de Gases no Interior das Embalagens	29
5.3.2 Taxa de Respiração	30
5.3.3 Análises Físico-químicas.....	31
5.3.3.1 Conteúdo de Umidade	31
5.3.3.2 Perda de Massa Fresca	31

5.3.3.3	Textura	31
5.3.3.4	Acidez Total Titulável	32
5.3.3.5	pH.....	32
5.3.3.6	Sólidos Solúveis Totais	32
5.3.3.7	Açúcares Redutores	33
5.3.3.8	Carotenóides Totais	33
5.3.3.9	Cor	33
5.3.4	Análise Sensorial.....	34
5.3.5	Análise Microbiológica.....	35
5.3.6	Análise Estatística	35
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
6.1	Testes Preliminares – Definição da Embalagem	36
6.1.1	Polipropileno (PP).....	36
6.1.2	Polietileno Tereftalato Rígida (PET)	36
6.1.3	Embalagem Coextrusada (COEX).....	36
6.1.4	Polietileno de Baixa Densidade (PEBD).....	36
6.2	Determinação da Composição Gasosa.....	37
6.3	Taxa de Respiração de Cenoura Orgânica Minimamente Processada.....	43
6.4	Parâmetros Cinéticos.....	45
6.5	Quociente Respiratório	46
6.6	Energia de Ativação	47
6.7	Análises Físico-químicas	49
6.7.1	Conteúdo de Umidade.....	49
6.7.2	Perda de Massa Fresca	50
6.7.3	Textura	52
6.7.4	Acidez Total Titulável	56
6.7.5	pH.....	57
6.7.6	Sólidos Solúveis Totais	58
6.7.7	Açúcares Redutores Totais	59
6.7.8	Carotenóides Totais	60
6.7.9	Cor.....	64
6.7.10	Esbranquiçamento.....	67
6.8	Análise Sensorial	69

6.9	Análise Microbiológica	72
7	CONCLUSÃO	74
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
	APÊNDICE A.....	85
	APÊNDICE B.....	97

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Parâmetros cinéticos obtidos por análise de regressão das curvas, a partir dos dados experimentais do consumo de O ₂ versus a concentração.	46
TABELA 2: Valores de quociente respiratório de cenouras orgânicas minimamente processadas armazenadas a 1°C, 5°C e 10°C.	47
TABELA 3: Média dos valores de acidez total titulável (% de ácido málico) de cenouras orgânicas minimamente processadas armazenadas a 1°C, 5°C e 10°C...57	57
TABELA 4: Média dos valores de pH de cenouras orgânicas minimamente processadas armazenadas a 1°C, 5°C e 10°C.	58
TABELA 5: Média dos valores de sólidos solúveis totais (°Brix) de cenouras orgânicas minimamente processadas armazenadas a 1°C, 5°C e 10°C.....	59
TABELA 6: Média dos valores de açúcares redutores (mg / mL) de cenoura orgânica minimamente processada armazenadas a 1°C, 5°C e 10°C.....	60
TABELA 7: Médias dos valores dos parâmetros L*, a*, b* para a superfície de cenouras orgânicas minimamente processadas armazenadas a 1°C, 5°C e 10°C...65	65
TABELA 8: Médias dos valores dos parâmetros C e h para a superfície de cenouras orgânicas minimamente processadas armazenadas a 1°C, 5°C e 10°C.....	66
TABELA 9: Médias dos resultados obtidos para os testes de Aceitação e Intenção de Compra de cenouras minimamente processadas armazenadas a 1°C, 5°C e 10°C.69	69
Tabela 10: Contagem de Coliformes totais (NMP/g) e de Psicrotróficos (UFC/g) para cenouras minimamente processadas armazenadas a 1°C, 5°C e 10°C.	72

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Fluxograma do processamento mínimo de cenouras orgânicas.....	28
FIGURA 2: Cenoura orgânica minimamente processada acondicionada em embalagem de polietileno de baixa densidade.....	29
FIGURA 3: Embalagem de polipropileno de baixa densidade com septum de borracha para coleta de gases.....	30
FIGURA 4: Comportamento das concentrações de O ₂ e CO ₂ em função do tempo e, dos dados simulados, para cenoura orgânica minimamente processada SP, armazenada a 1°C.....	38
FIGURA 5: Comportamento das concentrações de O ₂ e CO ₂ em função do tempo e, dos dados simulados, para cenoura orgânica minimamente processada CP, armazenada a 1°C.....	38
FIGURA 6: Comportamento das concentrações de O ₂ e CO ₂ em função do tempo, e dos dados simulados, para cenoura orgânica minimamente processada SP, armazenada a 5°C.....	39
FIGURA 7: Comportamento das concentrações de O ₂ e CO ₂ em função do tempo, e dos dados simulados, para cenoura orgânica minimamente processada CP, armazenada a 5°C.....	40
FIGURA 8: Comportamento das concentrações de O ₂ e CO ₂ em função do tempo, e dos dados simulados, para cenoura orgânica minimamente processada SP, armazenada a 10°C.....	41
FIGURA 9: Comportamento das concentrações de O ₂ e CO ₂ em função do tempo, e dos dados simulados, para cenoura orgânica minimamente processada CP, armazenada a 10°C.....	42
FIGURA 10: Taxas respiratórias (mL CO ₂ / kg h) de cenoura orgânica minimamente processada, SP e CP, armazenada a 1°C, 5°C e 10°C.....	43
FIGURA 11: Curva linearizada da equação de Arrhenius para cenouras orgânicas minimamente processadas SP, armazenadas a 1°C, 5°C e 10°C.....	48
FIGURA 12: Curva linearizada da equação de Arrhenius para cenouras orgânicas minimamente processadas CP, armazenadas a 1°C, 5°C e 10°C.....	49
FIGURA 13: Perfil dos valores de umidade (g/100g) de cenouras orgânicas minimamente processadas armazenadas a 1°C, 5°C e 10°C.....	50

FIGURA 14: Perfil dos valores de perda de massa fresca (%) de cenouras orgânicas minimamente processadas armazenadas a 1°C, 5°C e 10°C.	51
FIGURA 15: Média dos valores de força máxima de perfuração para superfície de cenouras orgânicas minimamente processadas armazenadas a 1°C, 5°C e 10°C...	53
FIGURA 16: Média dos valores de força máxima de perfuração (N) para o miolo de cenouras orgânicas minimamente processadas armazenadas a 1°C, 5°C e 10°C...	54
FIGURA 17: Perfil da força de relaxação (N) para a parte externa de cenouras orgânicas minimamente processadas, SP, armazenadas a 1°C.....	56
FIGURA 18: Perfil dos valores de carotenóides totais (mg / 100 g) para a parte externa de cenouras orgânicas minimamente processadas armazenadas a 1°C, 5°C e 10°C.	61
FIGURA 19: Perfil dos valores de carotenóides totais (mg / 100 g) para o miolo de cenouras orgânicas minimamente processadas armazenadas a 1°C, 5°C e 10°C...	63
FIGURA 20: Perfil dos valores de WI para a parte externa de cenouras orgânicas minimamente processadas armazenadas a 1°C, 5°C e 10°C.....	68

LISTA DE SÍMBOLOS

COEX	Coextrusada
CP	Com película
Ea	Energia de ativação (KJ / mol)
FMP	Força Máxima de Perfuração (N)
IE	Índice de Esbranquiçamento
k (T)	Taxa respiratória em função da temperatura (mL / kg h)
k_0	Constante pré-exponencial
Km_{O_2}	Constante de Michaelis-Mentem para o consumo de O_2 (% O_2)
Kmc_{CO_2}	Constante de Michaelis-Mentem para inibição competitiva do CO_2 sobre o consumo de O_2 (% CO_2)
Kmn_{CO_2}	Constante de Michaelis-Mentem para inibição não competitiva do CO_2 sobre o consumo de O_2 (% CO_2)
Kmu_{CO_2}	Constante de Michaelis-Mentem para inibição incompetitiva do CO_2 sobre o consumo de O_2 (% CO_2)
L	Espessura do filme (mm)
m	Massa de produto acondicionado na embalagem (Kg)
PEBD	Poliétileno de Baixa Densidade
PET	Tereftalato de Poliétileno
PFR	Perfil da Força de Relaxação (N)
PP	Polipropileno
P_{CO_2}	Permeabilidade do filme ao CO_2 (mL / m ² h atm)
P_{O_2}	Permeabilidade do filme ao O_2 (mL / m ² h atm)
QR	Quociente respiratório
R	Constante universal dos gases (J / mol K)
r_{CO_2}	Taxa respiratória em função da produção de CO_2 (mL CO_2 / kg h)
r_{O_2}	Taxa respiratória em função do consumo de O_2 (mL O_2 / kg h)
SP	Sem película
t	Tempo (h)
T	Temperatura (K)
V_m	Volume livre da embalagem (mL)

Vm_{O_2}	Taxa máxima de consumo de O_2 (mL / kg h)
[CO_2]	Concentração de CO_2 (%)
[O_2]	Concentração de O_2 (%)

1 INTRODUÇÃO

Frutas e hortaliças são produtos altamente perecíveis cujo metabolismo continua ativo mesmo após a colheita. Esse processo é acelerado quando não ocorre o imediato abaixamento da temperatura do produto para a retirada do chamado “calor do campo”. Como consequência tem-se o aumento das taxas de respiração e diminuição da vida útil dos mesmos, levando a inúmeras perdas.

A tecnologia pós-colheita tem entre seus principais objetivos a otimização da qualidade das frutas e hortaliças e redução das perdas pós-colheita (FONSECA et al. 2002). Segundo estimativas da FAO o Brasil apresenta um dos maiores índices de perda pós-colheita entre os dez maiores produtores do setor agrícola do mundo (YAMASHITA, 2004).

No entanto, o interesse por essa redução não está relacionado apenas com o fator econômico, mas também com o fato de alimentos de origem vegetal, como as hortaliças e frutas, desempenharem um importante papel na alimentação humana devido ao valor nutricional e atributos sensoriais. Contudo, as alterações pós-colheita em frutas e hortaliças além de comprometerem o valor nutricional podem ser irreversíveis e acelerar sua senescência (ALMEIDA-MURADIAN e PENTEADO, 2003; CHEFTEL e CHEFTEL, 1992; FLOROS, 1993 apud LIMA et al., 2004).

Visando um melhor aproveitamento desses alimentos, surgem os produtos conhecidos como minimamente processados, chamados também ‘fresh-cut’, que têm se destacado no mercado, pois seguem a tendência mundial de consumo de alimentos saudáveis, frescos e de alta qualidade (DANTAS et al., 2004).

Esses produtos apresentam características de produto fresco pronto para o consumo e elevado valor agregado. Entretanto, tem vida de prateleira relativamente curta. As injúrias provocadas nos tecidos, por ocasião do corte, elevam a taxa respiratória e a produção de etileno, contribuindo para a síntese das enzimas envolvidas em função das mudanças fisiológicas e bioquímicas no produto (SONG, VORSA e YAM, 2002).

Visando minimizar estes efeitos, são utilizadas técnicas como o abaixamento da temperatura e a modificação da atmosfera buscando o prolongamento da vida de prateleira desses produtos. A utilização da atmosfera modificada tem o objetivo de alterar o micro ambiente no interior das embalagens de modo a alcançar uma atmosfera rica em CO₂ e pobre em O₂ (FONSECA et al., 2000).

Entre as hortaliças minimamente processadas, a cenoura é uma das mais populares, pela sua versatilidade de uso e formas de apresentação ao consumidor, podendo ser ralada em diversos tamanhos ou cortada na forma de fatias, cubos, palitos, e ainda apresentada na forma de mini-cenoura “baby-carrot” (LANA, 2000).

Por esses motivos, a indústria de alimentos e suprimentos vegetais não pára de crescer, verificando-se, nos últimos anos, grande interesse do mercado nacional nos produtos minimamente processados. Cada vez mais novos produtos do gênero são lançados e o consumidor tem hoje varias opções a sua escolha para atender suas necessidades (SONG, VORSA e YAM, 2002; FIGUEIREDO, ORNELLAS e CONCEIÇÃO, 2004).

2 OBJETIVO

Estudar a vida útil de cenoura orgânica (*Daucus Carota* L.) cv. Brasília minimamente processada e armazenada a 1°C, 5°C e 10°C sob atmosfera modificada passiva.

2.1 Objetivos Específicos

Determinar as taxas de respiração a partir da concentração de O₂ e CO₂;

Minimizar reações de deterioração, em micro ambientes, como mudança de cor e perda de textura do produto, por meio do uso de baixas temperaturas de estocagem;

Modelar os dados de respiração usando o modelo de reação enzimática e relacionar com a temperatura pela equação de Arrhenius.

3 JUSTIFICATIVA

Uma das opções para a redução de perdas e agregação de valor em frutas e hortaliças é o processamento mínimo, aliado as embalagens com atmosfera modificada e armazenamento sob baixas temperaturas, visando o prolongamento da vida de prateleira dos produtos.

O propósito do fornecimento de minimamente processados é o de disponibilizar produtos de conveniência, com qualidade assegurada, que facilitam ou dispensam preparação posterior significativa por parte do consumidor, fornecidos limpos e selecionados, pré-processados e higienizados.

Associado a isso, também se tem a participação crescente das mulheres no mercado de trabalho que tem reduzido o tempo disponível para a compra e o preparo de hortaliças para as refeições. Tem-se ainda, a diminuição no tamanho das famílias, o aumento do poder de compra e a conscientização do consumidor em relação à saúde, que são fatores que, combinados, contribuem para aumentar de forma significativa a demanda por esses alimentos.

No entanto, para que estes produtos possam ser fornecidos em condições tais que possam viabilizar seu consumo por período razoável, é importante que sejam utilizadas de maneira adequada as embalagens com atmosfera modificada e baixas temperaturas, já que estes fatores têm influência direta na vida de prateleira e manutenção das características de qualidade dos mesmos.

Para tal, é importante que se conheçam variáveis como a taxa de respiração e o quociente respiratório (QR) que são bastante úteis para indicar a atividade metabólica das frutas e hortaliças durante seu armazenamento, o que influencia diretamente a vida de prateleira dos mesmos. No entanto, poucos são os dados disponíveis na literatura para produtos estocados sob atmosfera modificada passiva o que torna importante o desenvolvimento deste estudo.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Cenouras

A cenoura (*Daucus carota* L.) é uma dicotiledônea pertencente à Ordem Apiales e a família Apiaceae. Apresenta uma raiz tuberosa, intumescida e reta, sem ramificações, tendo como principais características a coloração intensa e elevada concentração de açúcares (CHITARRA e CHITARRA, 1990), sendo cultivada em larga escala nas regiões Sudeste, Nordeste e Sul do Brasil. A estimativa de área plantada no Brasil em 2005 foi de 26 mil hectares com produção de 766 mil toneladas de raízes. Embora produza melhor em áreas de clima ameno, nos últimos anos, face ao desenvolvimento de cultivares tolerantes ao calor e com resistência às principais doenças de folhagem, o plantio de cenoura vem se expandindo (WWW.CNPH.EMBRAPA.BR, 2007; VIEIRA e MAKISHIMA, 2000).

Atualmente, a variedade Brasília corresponde a 85% dos plantios realizados no país. Esta variedade pode ser caracterizada por um teor elevado de carotenóides e por apresentar o xilema (miolo) de cor clara, muitas vezes tendendo ao branco. A variedade, desenvolvida pela Embrapa em 1981, nasceu do cruzamento dos melhores exemplares de cenouras do sul do Brasil em termos de tolerância ao calor, resistência a doenças e produtividade, podendo ser cultivada durante o ano inteiro (GIANNINI, 2004).

As plantas têm porte médio de 25 a 35 cm, com folhagem vigorosa e coloração verde escura. As raízes são cilíndricas, com coloração alaranjada clara e baixa incidência de ombro verde ou roxo. O comprimento varia de 15 a 22 cm e o diâmetro de 3 a 4 cm. É resistente ao calor, apresentando baixos níveis de florescimento prematuro sob condições de dias longos. Tem alta resistência de campo à queima das folhas, produzindo em média 30-35 t / ha nas condições de verão. A colheita pode ser efetuada de 85 a 100 dias após a semeadura (VIEIRA e MAKISHIMA, 2000).

Entre as hortaliças, as cenouras vêm sendo cada vez mais consumidas, principalmente devido ao seu agradável sabor e aos benefícios à saúde relatados por suas vitaminas, minerais e fibras (ALASALVAR et al., 2001).

Os carotenóides existentes na cenoura, responsáveis pela cor alaranjada das raízes, tem atividade pró-vitamina A, ou seja, quando ingeridos pelo ser humano são transformados em vitamina A, constituindo-se em uma das principais fontes desta vitamina para a população (SPAGNOL, PARK e SIGRIST, 2006).

Além do alto conteúdo de pró-vitamina A, esta raiz também apresenta textura macia e paladar agradável. Pode ser consumida *in natura*, ou ainda utilizada como matéria prima para indústrias processadoras de alimentos, que a comercializam na forma minimamente processada (mini-cenouras, cubos, ralada, em rodela) ou processada como seleta de legumes, alimentos infantis e sopas instantâneas (VIEIRA e MAKISHIMA, 2000; LIMA et al., 2004; SPAGNOL, PARK e SIGRIST, 2006).

Nos últimos anos, as cenouras minimamente processadas, prontas para o consumo, têm se tornado cada vez mais populares nos supermercados. O que verifica-se é que, toda vez que a temperatura de estocagem e/ou as embalagens não são mantidas adequadamente, algumas alterações nas características do produto ocorrem antes que expire seu prazo de validade, podendo também serem verificadas algumas contaminações (ALASALVAR et al., 2005).

4.2 Alimentos Orgânicos

Atualmente a procura por alimentos saudáveis, nutritivos, frescos, de alta qualidade e prontos para o consumo é cada vez maior. Os consumidores têm se conscientizado da importância de se alimentar de maneira saudável e, além disso, com alimentos produzidos de forma ecologicamente correta (FIGUEIREDO, ORNELLAS e CONCEIÇÃO, 2004).

Sendo assim, os consumidores vêm modificando seus hábitos alimentares e, cada vez mais, tornam-se conscienciosos da relação entre dieta e prevenção de doenças. Agências governamentais e organizações americanas para a promoção da saúde vêm recomendando o incremento do consumo de hortaliças, frutas e cereais, principalmente os orgânicos (MAISTRO, 2001).

Nas últimas décadas, o uso indiscriminado de agrotóxicos na produção de alimentos causou uma preocupação em diversas partes do mundo. À medida que

estudos comprovam que os agrotóxicos causam danos à saúde e ao meio ambiente, a crítica ao modelo de agricultura vigente cresce. Isto tem levado ao aumento da procura por alimentos orgânicos, isto é, livres de fertilizantes químicos, antibióticos e outras drogas, usualmente utilizadas (SOARES et al., 2004).

Segundo o Departamento de Agricultura dos EUA, a agricultura orgânica é definida como um sistema de produção que evita ou exclui amplamente o uso de fertilizantes químicos, agrotóxicos, reguladores de crescimento e aditivos para a produção vegetal elaborados sinteticamente. Tanto quanto possível, os sistemas agrícolas orgânicos dependem da rotação de culturas, de restos de culturas, esterco animal, de adubação verde e de rochas e minerais de baixa solubilidade. Aspectos de controle biológico de pragas e patógenos, para manter a produtividade, a estrutura do solo e controlar insetos, ervas invasoras e outras pragas (FIGUEIREDO, ORNELLAS e CONCEIÇÃO, 2004).

Segundo a Instrução Normativa nº 007 de 17 de maio de 1999, que define as normas para a produção de produtos orgânicos vegetais e animais no Brasil, um sistema, para ser considerado orgânico, deve adotar tecnologias que otimizem o uso de recursos naturais e sócios-econômicos. Além disto, deve respeitar a integridade cultural, tendo por objetivo a auto-sustentação, a maximização dos benefícios sociais, a minimização da dependência das energias renováveis e a eliminação do uso de agrotóxicos, insumos artificiais tóxicos, organismos geneticamente modificados (transgênicos) e radiações ionizantes. O sistema deve, também, privilegiar a preservação da saúde ambiental e humana, assegurando a transparência em todos os estágios da produção e da transformação (WWW.ANVISA.ORG.BR, 2007).

A normatização para estes produtos foi se tornando imprescindível, principalmente a partir do final da década de 90, quando o mercado desses produtos ganharam espaço com crescimento de cerca de 30% ao ano (KISS, 2004). Além desse crescimento constante na busca por alimentos orgânicos, vem crescendo também, ano a ano, o consumo destes alimentos na forma minimamente processada.

Esse crescimento em grande parte deve-se as mulheres que respondem por 70% da decisão de compra e dão prioridade a produtos confiáveis e garantidos como benéficos à saúde. A qualidade da alimentação dos filhos é uma prioridade das mães atentas para a questão dos agrotóxicos. O Brasil ocupa, atualmente, a segunda posição da América latina em termos de área manejada organicamente (PLANETA ORGÂNICO, 2004 apud FIGUEIREDO, ORNELLAS e CONCEIÇÃO, 2004).

4.3 Processamento Mínimo

A crescente demanda por produtos frescos minimamente processados tem levado a um aumento na quantidade e variedade de produtos disponíveis no mercado (FRANCIS, THOMAS e O'BEIRNE, 1999; VITTI et al., 2004a).

O processamento mínimo de frutas e hortaliças é um conceito recente de comercialização, tendo surgido da necessidade de consumo de alimentos de forma rápida, sem a necessidade de limpeza e descascamento, facilitando seu preparo. Devido à qualidade, praticidade e conveniência que esses produtos oferecem ao consumidor, têm alcançado grande sucesso de mercado (OLIVEIRA, 2006).

A tecnologia de processamento mínimo apresenta dois propósitos: primeiro, manter o produto com características de fresco, disponibilizando-o numa forma conveniente e sem perdas na sua qualidade nutricional; segundo, o produto deve apresentar uma vida de prateleira suficientemente longa para tornar sua distribuição viável aos potenciais consumidores (AHVENAINEN, 1996).

O processamento mínimo é definido como qualquer alteração física causada em frutas ou hortaliças que mantém o estado fresco desses produtos. Inclui operações de seleção, lavagem, corte, sanitização, centrifugação, embalagem, armazenamento e comercialização (FRANCIS, THOMAS e O'BEIRNE, 1999; VITTI et al., 2004a).

Sendo assim, as operações unitárias aplicadas na produção comercial de cenouras minimamente processadas geralmente envolvem seleção, limpeza, descascamento, corte, lavagem/sanitização e embalagem (AHVENAINEM, 2000; VAROQUAX e WILEY, 1994 apud KLAIBER et al., 2005).

Entre essas operações, a limpeza é um dos primeiros passos ao qual as frutas e hortaliças são submetidas, já que a quantidade de solo aderido à superfície do produto pode determinar o início da sua contaminação. Este procedimento consiste na limpeza efetiva por meio de ação mecânica, como por exemplo, jatos de água aplicados aos alimentos. A etapa de limpeza contribui com a redução da flora microbiana, no entanto, quando não executada corretamente, pode agir de forma inversa, difundindo e incrementando a contaminação microbiana, como ocorre quando se reutiliza a água de lavagem (MAISTRO, 2001).

Devem-se destacar também as etapas de descascamento e corte, já que o dano mecânico causado por estas operações acaba sendo um dos maiores obstáculos na conservação dos produtos minimamente processados, podendo aumentar a taxa respiratória destes produtos cerca de três a cinco vezes mais que a dos órgãos intactos (CHITARRA, 1998 apud VITTI et al., 2004a).

No que se refere à sanitização, concentrações de 50 a 200mg.L⁻¹ de cloro são, geralmente, utilizadas em frutas e hortaliças frescas, bem como minimamente processados em escala comercial. A aplicação destas soluções de cloro para a sanitização dos equipamentos e utensílios utilizados no processo é uma prática industrial comum. O tempo de contato entre o produto e a solução é de no mínimo 5 minutos (PILON, 2003; KLAIBER et al., 2005).

Sabe-se que, por tratarem-se de tecidos vivos, continuamente ocorrem reações químicas e bioquímicas, ou seja, as frutas e hortaliças minimamente processadas mantêm seus tecidos vivos, porém não exibem a mesma resposta fisiológica que o tecido inteiro (WILEY, 1997). Estes produtos são mais perecíveis do que quando intactos, considerando que são submetidos a severos estresses físicos, provenientes, principalmente, do descascamento e do corte. Esses danos mecânicos aumentam o metabolismo, com conseqüente aumento da taxa respiratória e da síntese de etileno, causando maior velocidade de deterioração. O etileno proveniente do corte contribui para a biossíntese de enzimas envolvidas em alterações fisiológicas e bioquímicas associadas à senescência (VITTI et al., 2004a).

Danos mecânicos também eliminam a camada de proteção (cutícula) do vegetal, provocando a perda de umidade e a contaminação microbiológica. O

resfriamento imediato dos vegetais após a colheita pode retardar as reações causadas pela injúria mecânica, pois inibe a taxa respiratória e a perda de umidade, preservando a qualidade e elevando sua vida útil (OLIVEIRA, 2006). Os danos mecânicos causados pelo processamento tornam, portanto, os produtos mais susceptíveis a várias mudanças fisiológicas e microbiológicas que depreciam a sua qualidade sensorial e limitam sua vida-de-prateleira (RESENDE et al., 2004).

Segundo Cisneros-Zevallos et al. (1995 apud KLAIBER et al., 2005) o processamento mínimo geralmente, além de causar um aumento na desidratação superficial e perda de umidade do produto, também pode induzir a um aumento na produção de lignina.

Por isso, torna-se imprescindível que as características sensoriais e microbiológicas desejáveis no alimento a ser embalado estejam presentes inicialmente, pois a tecnologia de conservação empregada para estes produtos (geralmente atmosfera modificada e baixas temperaturas) não tem por função melhorar a qualidade inicial dos mesmos, apenas retardar as reações de deterioração e inibir o crescimento microbiano ao longo da estocagem. Essas tecnologias não devem ser utilizadas com o intuito de corrigir deficiências das etapas de produção e comercialização. Na verdade, o potencial delas de aumentar a vida útil de alimentos fica muito reduzido, caso a contaminação microbiológica inicial seja alta e o processamento mínimo não tenha sido eficiente na sua redução (OLIVEIRA, 2006).

O conhecimento existente até o momento em relação à fisiologia e os requerimentos de manuseio pós-colheita indica que produtos minimamente processados se comportam de maneira distinta e, portanto, devem ser manuseados de maneira diferente das frutas e hortaliças intactas. Isso implica que o conhecimento acumulado durante décadas sobre a fisiologia e o manuseio comercial de frutas e hortaliças intactas deve ser reexaminado. Além disso, novos estudos devem ser desenvolvidos para cada produto minimamente processado (VITTI et al., 2004b).

4.4 Evolução dos Produtos Minimamente Processados

As frutas e hortaliças minimamente processadas constituem uma classe de alimentos que está se desenvolvendo de forma rápida e importante. A utilização de produtos prontos para consumo é uma tendência não só nos Estados Unidos da América, Europa e Ásia, mas, também, no Brasil, onde observa-se uma crescente demanda, tanto institucional como individual por este tipo de produto (MAISTRO, 2001; VITTI et al. 2004b).

Isso é confirmado quando verifica-se que o consumo deste tipo de produto vêm crescendo ano a ano, mostrando suas diversas vantagens quando comparados aos vegetais frescos (MORETTI, ARAÚJO e MATTOS, 2003).

As atuais características da população brasileira estão muito vinculadas ao número de mulheres que vem ingressando no mercado de trabalho. No entanto, a administração e a execução das atividades caseiras continuam, na maioria das vezes, como uma função da mulher justificando assim o grande impacto que o menor tempo para a execução das tarefas domésticas tem na aquisição de alimentos prontos ou semi-prontos. Junta-se a isso a extrema praticidade que estes produtos representam para as cadeias de fast-food, restaurantes e instituições diversas, economizando espaço físico nas cozinhas e mão-de-obra no seu preparo (SILVA et al., 2004).

As principais vantagens dessas hortaliças, para as cozinhas institucionais, são o menor custo da produção e a padronização do produto. Em relação ao produto *in natura*, os minimamente processados absorvem outros custos que a cozinha industrial não terá: estocagem, mão-de-obra, lixo, perdas, desperdício e até manutenção. A questão do espaço também é outro ponto a favor, já que estabelecimentos com reduzido espaço físico, como as cadeias de “fast food”, podem otimizar o espaço de produção em favor da área de atendimento ao cliente. No setor de “fast food”, tem-se como exemplo o McDonald’s que já adquire quase 100% da alface que utiliza na forma minimamente processada (SILVA et al., 2004).

Para enfrentar esta nova realidade, o mercado de hortaliças precisou ficar atento para atender todos os tipos de consumidores, oferecendo hortaliças *in natura* e aquelas desenvolvidas sob medida para serem convenientes (SILVA et al., 2004).

As principais diferenças entre frutas e hortaliças minimamente processadas e frutas e hortaliças *in natura* estão em processos específicos de manipulação e nas etapas de conservação suplementares. Essa manipulação pode desencadear uma série de reações oxidativas, enzimáticas e microbianas, implicando na adoção de ações complementares, visando à preservação do produto durante e, principalmente, após o processamento (COSTA e ANTUNES, 2002).

Como métodos de conservação para prolongar a vida útil de frutas e hortaliças minimamente processadas, podem ser utilizados os procedimentos clássicos de conservação de alimentos, desde que sua aplicação não altere as características básicas do produto *in natura*, princípio básico da definição de produtos de frutas e hortaliças minimamente processados. Podem-se usar métodos de conservação pelo calor e frio, sanitizantes químicos, substâncias antimicrobianas, controle da atmosfera, gases inertes, irradiação e o controle da atividade de água (WILEY, 1997).

Efetivamente, a introdução das hortaliças minimamente processadas ocorreu – no Brasil – no início dos anos 80, na cidade de São Paulo. Inicialmente, devido à falta ou ao alto custo da tecnologia, essas hortaliças eram caracterizadas por produtos em folhas inteiras, isolados ou associados com outros produtos, e embalados sob atmosfera modificada passiva, por meio da utilização de sacos plásticos. Atualmente, com o avanço tecnológico e maior socialização das tecnologias, as hortaliças minimamente processadas são apresentadas de várias formas, isoladas ou em associação com outras hortaliças, sendo embaladas em sacos plásticos ou em bandejas, sob atmosferas modificadas ativa ou passiva (SILVA et al., 2004).

Os alimentos minimamente processados são extremamente perecíveis e necessitam cuidados especiais e adoção de estratégias para o prolongamento da sua vida-de-prateleira (MAISTRO, 2001). Segundo Wiley (1997), apesar da grande variedade de produtos minimamente processados disponíveis, muitos deles têm

uma vida útil de apenas 3 a 4 dias. O desejável seria que as hortaliças minimamente processadas mantivessem sua qualidade por cerca de 12 a 15 dias. Esta curta vida útil advém do fato de que, no Brasil, a maioria destes produtos ainda é elaborado de forma bastante empírica ou por meio do “conhecimento” de tecnologias importadas de outros países, adquiridos pelos próprios processadores.

4.5 Respiração

Após a colheita as frutas e hortaliças continuam metabolicamente por longos períodos, tanto devido a fatores endógenos, como a respiração, quanto a fatores externos como injúrias físicas, flora microbiana, perda de água e temperatura de estocagem (PHILLIPS, 1996). Estes passam a ter vida independente e utilizam para tal, suas próprias reservas de substratos, acumulados durante seu crescimento e maturação, com conseqüente depressão progressiva nas reservas de matéria-seca acumulada (CHITARRA e CHITARRA, 1990).

Este é um processo metabólico que envolve o desdobramento de compostos orgânicos complexos como açúcares, ácidos orgânicos, aminoácidos e ácidos graxos em moléculas de baixo peso molecular, com subseqüente produção de energia, ATP, associada à liberação de calor. Componentes formados na respiração podem ser utilizados na biosíntese de aminoácidos, ácidos graxos, compostos aromáticos e pigmentos, que podem ser importantes na determinação da qualidade de frutas e hortaliças (SKURA e POWRIE, 1995 apud MAISTRO, 2001).

Simplificando, a respiração pode ser considerada como um processo metabólico, de quebra oxidativa de substratos orgânicos em moléculas simples, tais como CO₂ e H₂O, com produção de energia, podendo ser representado pela equação 1 (FONSECA, OLIVEIRA e BRECHT, 2002).



Como sabe-se, as células vegetais continuam sendo metabolicamente ativas após a colheita e seguem obtendo a energia necessária por meio do processo de respiração aeróbica. Como pode observar-se na equação geral da respiração este processo consome O₂ e produz CO₂, fato pelo qual é provável que a concentração

destes elementos na atmosfera que rodeia a célula tenham um efeito direto na taxa respiratória (VALLE e PALMA, 1997).

Segundo Raghavan et al. (1999), a vida útil das frutas e hortaliças frescas é inversamente proporcional a sua taxa de respiração durante o período de estocagem. Além disso, a taxa respiratória também é dependente do ambiente de estocagem, particularmente em termos de composição gasosa, umidade relativa e temperatura. De fato, tanto a diminuição da concentração de O_2 quanto o aumento da concentração de CO_2 tem como consequência uma diminuição na taxa respiratória de frutas e hortaliças, até certos limites.

Sendo assim, o aumento da taxa respiratória pode ser reduzido de diversas formas; dentre elas o armazenamento em baixa temperatura, associado com atmosfera modificada por embalagens apropriadas. O controle da temperatura é uma das técnicas mais úteis para prolongar a vida de prateleira dos tecidos vegetais, uma vez que reações metabólicas são reduzidas de duas a três vezes a cada redução de $10^\circ C$. (CARNELOSSI et al., 2005).

O controle da respiração, incluindo a modificação da atmosfera circundante, normalmente referido com atmosfera modificada, é recomendado como forma de inibir a respiração adequando-se a quantidade de CO_2 liberado em função da queima do O_2 , inibindo-se, assim, o amadurecimento que fomenta o crescimento microbiano (MAISTRO, 2001).

Normalmente assume-se que a redução da taxa respiratória ocorre devido as baixas concentrações de oxigênio presentes nas embalagens, como consequência da redução da atividade metabólica. A influência do CO_2 no processo não está totalmente esclarecida, e depende também do tipo e do estágio de maturação do vegetal. Cenouras apresentaram uma redução na atividade respiratória sob concentrações de 10 % CO_2 e aumento na taxa com 30 % de CO_2 (FONSECA, OLIVEIRA e BRECHT, 2002).

Izumi et al. (1996) relataram que atmosferas com concentrações de aproximadamente 0,5 % O_2 e 10 % CO_2 podem ocorrer sem causar alterações negativas na vida de prateleira e qualidade de cenouras, quando as mesmas são

mantidas próximo a 0°C. Para temperaturas próximas a 5°C, Orsat et al (2001) mostram que baixas concentrações de O₂ podem promover o crescimento de bactérias ácido lácticas.

No que se refere à temperatura, sabe-se que produtos armazenados sob temperaturas elevadas em geral têm seu metabolismo ativado, com elevada taxa de respiração e conseqüente redução de sua vida útil. A elevada taxa de respiração em geral conduz a redução nos teores de açúcares, sendo esse um fator negativo de qualidade (CHITARRA e CHITARRA, 1990).

O processo de respiração também está associado ao da transpiração, principal fator responsável pela perda de peso. Estes dois processos são considerados vitais para as frutas e hortaliças. Essa perda de peso, associada diretamente a perda de água é prejudicial principalmente nos casos em que é suficientemente alta para afetar a aparência e a aceitabilidade do produto. Os produtos perecíveis, mesmo quando colocados em condições ideais, sofrem alguma perda de peso durante o armazenamento devido ao efeito combinado da respiração e da transpiração (CHITARRA e CHITARRA, 1990; SONG, VORSA e YAM, 2001).

Além disso, a atividade respiratória também é influenciada, pelo menos em parte, pela composição do fruto completamente formado e pelas alterações químicas que ocorrem durante a fase de maturação. As substâncias que possivelmente tomam parte ativa nestas alterações são as proteínas, glicídios, lipídios, ácidos orgânicos, vitaminas, minerais e alguns componentes específicos da parede celular como hemicelulose e pectinas. A respiração resulta em modificações profundas desses constituintes, sendo que podem ser altamente indesejáveis sob o ponto de vista da qualidade. As proteínas e os lipídios podem servir como substratos no processo de hidrólise, porque existe uma interrelação nos seus processos metabólicos. Os glicídios podem ser convertidos em lipídios e aminoácidos. Os lipídios podem ser transformados em aminoácidos, porém, dificilmente se transformam em glicídios (CHITARRA e CHITARRA, 1990).

Em condições não controladas, estas mudanças físicas e químicas podem levar rapidamente à senescência, e os tecidos tornam-se muito susceptíveis ao ataque de microrganismos e a perda de umidade. Estes fatores afetam a qualidade

sensorial e limitam a aceitação do produto por parte do consumidor. Assim, condições adequadas de armazenamento são consideradas essenciais para o controle da respiração e manutenção das características de qualidade dos produtos perecíveis (LAVELLI et al., 2006).

Dessa maneira, a respiração de frutas e hortaliças pode ser utilizada como um indicador do nível de alterações catabólicas e da deterioração da qualidade, uma vez que quando o tecido é danificado pelo descascamento e corte, a razão de respiração pode aumentar apreciavelmente (SKURA e POWRIE, 1995 apud MAISTRO, 2001).

Quando o produto é injuriado, há um aumento marcante na liberação de CO₂ e captação de O₂. As células mais próximas do ponto injuriado, que não foram mortas no processo, respiram muito mais rapidamente. Esse aumento na taxa de respiração é tido como responsável pela produção de certos compostos que oferecem resistência contra o ataque microbiológico (CHITARRA e CHITARRA, 1990).

A taxa respiratória de algumas hortaliças utilizadas comumente em saladas, como alface, cenoura, cebola, rabanete, aipo e chicória, quando cortadas, embaladas e armazenadas, aumenta em relação àquela dos produtos inteiros (PRIEPKE et al., 2004 apud CARNELOSSI et al., 2005).

4.6 Modelo da Taxa de Respiração

A taxa de respiração dos alimentos pode ser determinada em função da composição gasosa no interior das embalagens e expressa em termos de concentrações de O₂ e CO₂. Conforme modelo proposto por Lee (1996), baseado na equação de Michaelis-Menten, tem-se as equações 2 e 3, que podem ser utilizadas para descrever o processo de respiração.

$$r_{O_2} = -\frac{d[O_2]}{100dt} \left(\frac{V}{m} \right) + \frac{SP_{O_2} (0,21 - [O_2]/100)p}{mL} \quad (2)$$

$$r_{CO_2} = +\frac{d[CO_2]}{100dt} \left(\frac{V}{m} \right) + \frac{SP_{CO_2} (0,21 - [CO_2]/100)p}{mL} \quad (3)$$

onde r_{O_2} é a taxa respiratória em função do consumo de O_2 , expressa em mL / kg h, r_{CO_2} é a taxa respiratória em função da produção de CO_2 , expressa em mL / kg h, $[O_2]$ e $[CO_2]$ são as concentrações de oxigênio e de dióxido de carbono, respectivamente, expressas em %, L a espessura do filme (mm), S a área da embalagem (m^2), P_{O_2} e P_{CO_2} são a permeabilidade do filme para O_2 e CO_2 (mL / m^2 h atm), respectivamente, t o tempo (h), V_m o volume livre da embalagem (mL) e m a massa de produto acondicionado na embalagem (kg).

A relação entre a concentração de O_2 e o consumo de O_2 é descrita pela equação (4):

$$r_{O_2} = \frac{Vm_{O_2} \cdot [O_2]}{Km_{O_2} + [O_2]} \quad (4)$$

onde Vm_{O_2} é a taxa máxima de consumo de O_2 (mL/kg h) e Km_{O_2} é a constante de Michaelis-Menten para o consumo de O_2 , dada em % O_2 .

Já a influência do CO_2 pode ser descrita por meio de modelos baseados na cinética enzimática, como apresentado para a influência da concentração do O_2 no consumo de O_2 . Três tipos de inibição são descritas na literatura: competitiva, não competitiva e incompetitiva. A inibição competitiva ocorre quando tanto o inibidor (CO_2) quanto o substrato (O_2) competem pelo mesmo sítio ativo enzimático, e pode ser representado pela equação 5.

$$r_{O_2} = \frac{Vm_{O_2} \cdot [O_2]}{[O_2] + Km_{O_2} \cdot \left(1 + \frac{[CO_2]}{Kmc_{CO_2}}\right)} \quad (5)$$

onde Kmc_{CO_2} é a constante de Michaelis-Menten para a inibição competitiva do CO_2 sobre o consumo de O_2 , dada em % CO_2 .

A inibição incompetitiva ocorre quando o inibidor (CO_2) não reage com a enzima, mas com o complexo enzima-substrato. O modelo para essa inibição pode ser representado pela equação 6.

$$r_{O_2} = \frac{Vm_{O_2} \cdot [O_2]}{Km_{O_2} + [O_2] \cdot \left(1 + \frac{[CO_2]}{Kmu_{CO_2}}\right)} \quad (6)$$

onde Kmu_{CO_2} é a constante de Michaelis-Menten para a inibição incompetitiva do CO_2 sobre o consumo de O_2 , dada em % CO_2 .

A inibição não competitiva ocorre quando o inibidor (CO_2) reage tanto com a enzima quanto com o complexo enzima-substrato. O modelo para a inibição não competitiva pode ser representado pela equação 7.

$$r_{O_2} = \frac{Vm_{O_2} \cdot [O_2]}{(Km_{O_2} + [O_2]) \cdot \left(1 + \frac{[CO_2]}{Kmn_{CO_2}}\right)} \quad (7)$$

onde Kmn_{CO_2} é a constante de Michaelis-Menten para a inibição não competitiva do CO_2 sobre o consumo de O_2 , dada em % CO_2 (PEPPELENBOS e LEVEN, 1996).

4.7 Quociente Respiratório (QR)

A relação entre o volume de CO_2 produzido e o volume de O_2 consumido pelo fruto, ou outro órgão vegetal no processo de respiração pós-colheita, é conhecida como “Quociente Respiratório”, sendo descrito pela equação 8 (FONSECA, OLIVEIRA e BRECHT, 2002).

$$RQ = \frac{0,727r_{CO_2}}{r_{O_2}} \quad (8)$$

onde 0,727 é a razão entre o peso molecular do O_2 e CO_2 .

O quociente respiratório é de utilidade na previsão da natureza do substrato orgânico utilizado no processo respiratório, bem como na indicação da integridade da reação e grau do processo aeróbico ou anaeróbico. Entretanto, esse processo pode ser complexo, uma vez que diferentes tipos de substratos podem ser utilizados num determinado espaço de tempo. Dessa forma, a medida do quociente respiratório representa apenas um valor médio, que depende, sobretudo, da

contribuição de cada substrato para a respiração e de seu conteúdo relativo de carbono, hidrogênio e oxigênio (CHITARRA e CHITARRA, 1990).

O quociente respiratório está sempre ao redor de 1 quando o composto oxidado for carboidrato. Se o Q.R. for menor que 1,0 significa oxidação de lipídios, e se maior que 1,0, de ácidos orgânicos (BALDWIN et al., 1995 apud ROSA, 1999). O QR é muito maior que 1,0 quando se verificam processos de respiração anaeróbica (FONSECA, OLIVEIRA e BRECHT, 2002).

O quociente respiratório é afetado tanto por fatores químicos como físicos, principalmente pela temperatura e pelas diferenças na solubilidade e coeficiente de difusão dos dois gases, O_2 e CO_2 , devendo ser medido quando a taxa de respiração encontra-se estabilizada (CHITARRA e CHITARRA, 1990).

4.8 Fatores que Influenciam a Taxa Respiratória dos Produtos

4.8.1 Atmosfera Modificada

O aumento da demanda por produtos minimamente processados traz consigo os grandes desafios no que se refere ao desenvolvimento de tecnologias de armazenamento. Entre estas tecnologias, pode-se destacar o armazenamento de produtos sob atmosfera modificada (VITTI et al., 2004b).

A idéia de modificar a atmosfera ao redor de um produto alimentício, com o fim de aumentar sua vida útil, transformou-se em tecnologia aplicada comercialmente na preservação de carnes e derivados, aves, pescados, produtos de panificação, de confeitaria, produtos secos, frutas e hortaliças. A utilização da atmosfera modificada pode propiciar um aumento de vida útil, pois a degradação de alimentos devido à oxidação, ao crescimento de fungos, bactérias e insetos, à ação enzimática e à senescência pode ser retardada. Durante a estocagem, os gases podem interagir com os alimentos ou com a flora microbiana a eles associada, retardando a deterioração em comparação ao ar atmosférico, o que significa uma vida útil mais longa (OLIVEIRA, 2006).

No entanto, para que o armazenamento sob atmosfera modificada seja efetivo, influenciando positivamente a qualidade dos produtos processados, fatores

complementares, tais como, práticas de cultura adequadas, colheita em ponto ótimo de maturação, manuseio durante e após a colheita, minimização de injúrias, higienização e processamento apropriados, condições e tempo de estocagem adequados, deverão ser implementados (MAISTRO, 2001).

O princípio básico da estocagem sob atmosfera modificada é a modificação da composição gasosa no ambiente de forma a reduzir potencialmente a taxa respiratória e outros processos bioquímicos. Tal modificação pode ser conseguida devido as trocas naturais que ocorrem entre dois processos, a respiração do produto e a transferência de gases através da embalagem, levando a uma atmosfera rica em CO_2 e pobre em O_2 . No entanto, as concentrações ótimas a serem utilizadas são dependentes do tipo de produto armazenado (RAGHAVAN, 1999; FONSECA, OLIVEIRA e BRECHT, 2002).

A atmosfera modificada empregada, pode ser passiva ou ativa. A embalagem com atmosfera modificada passiva é baseada no emprego de embalagens com permeabilidade apropriada, enquanto a atmosfera ativa resulta da utilização de uma mistura específica de gases juntamente com embalagens permeáveis (AHVENAINEN, 1996).

Essas embalagens são constituídas de filmes poliméricos de diferentes permeabilidades ao oxigênio, dióxido de carbono, etileno e vapor de água para estender a vida de prateleira de frutas e hortaliças. As modificações na atmosfera no interior da embalagem evoluem de acordo com a taxa respiratória do tecido e com as características de difusão dos gases através do filme (JACOBSSON et al., 2004).

Vários gases têm potencial para aumentar a vida útil de alimentos perecíveis, retardando a deterioração microbológica ou inibindo reações químicas e bioquímicas, mas devido às desvantagens e dificuldades de aplicação de alguns deles, três gases são de maior interesse para sistemas de embalagem com atmosfera modificada para alimentos: gás carbônico, nitrogênio e oxigênio. O CO_2 tem sua importância relacionada, principalmente, ao seu efeito bacteriostático e fungistático sobre muitos tipos de microrganismos. Já o N_2 é um gás quimicamente inerte, que tem por função principal substituir gases ativos como CO_2 e O_2 . Enquanto o O_2 , normalmente é indesejável na embalagem, pois promove diversas reações de

deterioração, por ser um gás reativo, também pode interagir com diversos compostos do alimento, acarretando alterações indesejáveis de odor, sabor, coloração e valor nutricional do produto (OLIVEIRA, 2006).

A composição recomendada para a atmosfera é diferente para cada espécie vegetal. No entanto, de uma maneira geral, geralmente um mínimo de 1-3% de oxigênio é necessário para evitar uma mudança da respiração aeróbica para anaeróbica. Para cenouras existem algumas divergências em relação a composição da atmosfera ótima para sua conservação (SODE e KUHN, 1998).

Sabe-se que a fisiologia das cenouras inteiras é afetada pela atmosfera modificada, e altas concentrações de CO₂ podem ter efeitos similares a alguns fenômenos que ocorrem durante a senescência do produto. A atmosfera modificada também pode influenciar no conteúdo de açúcares da cenoura (ISENBERG, 1979; KADER, 1986 apud CARLIN et al. 1990).

Verifica-se, portanto que o sucesso da aplicação da tecnologia de acondicionamento em embalagens com atmosfera modificada está associado a cinco elementos-chaves: natureza e qualidade inicial do produto; especificidade da mistura gasosa em relação ao produto; controle de temperatura; propriedades de barreira da embalagem e eficiência do equipamento de acondicionamento (OLIVEIRA, 2006).

Em termos gerais, a efetividade da atmosfera modificada decresce com a elevação da temperatura de estocagem, devido à redução da solubilidade do CO₂, que apresenta grande efeito entre 0 e 5°C. A redução da temperatura, preferencialmente entre 0 e 5°C, e o aumento do teor de CO₂ prolongam a fase de adaptação dos microrganismos, aumentando a efetividade desse agente (OLIVEIRA, 2006).

Sode e Kühn (1998) avaliaram a taxa respiratória de cenouras minimamente processadas armazenadas em embalagens com atmosfera modificada contendo diferentes concentrações de oxigênio e dióxido de carbono por um período de 10 dias. Os autores verificaram dependência da respiração com a concentração de

oxigênio, sendo observada uma redução na taxa quando foram atingidas concentrações de O₂ superiores a 15%.

Izumi et al. (1996) determinaram a taxa respiratória de cenouras minimamente processadas estocadas em ar e atmosfera controlada, contendo 0,5 % de O₂ e 10 % CO₂ a 0°C, 5°C e 10°C. Os autores verificaram redução na taxa respiratória das amostras armazenadas sob atmosfera controlada.

4.8.2 Temperatura

A refrigeração deve estar sempre associada à atmosfera modificada, de forma a reduzir o metabolismo e conservar as características de qualidade dos produtos minimamente processados (OLIVEIRA, 2006).

Como sabe-se, o processo de respiração é primordialmente um processo oxidativo, que aumenta os níveis de dióxido de carbono e água, com liberação de energia, sendo essa energia química requerida para a realização dos vários processos anabólicos e catabólicos essenciais ao vegetal. Esses órgãos vegetais produzem energia na forma de calor, tecnicamente chamado 'calor vital'. Quanto mais rápido o produto respira e amadurece, maior é a quantidade de calor gerado. A vida de prateleira varia inversamente com a taxa de evolução do calor produzido. As perdas são maiores e a vida de prateleira menor quando o produto, após a colheita, é armazenado em ambiente com temperatura elevada e sem refrigeração (CHITARRA e CHITARRA, 1990).

A combinação entre tempo de estocagem e temperatura tem se mostrado particularmente importante no prolongamento da vida de prateleira de frutas e vegetais em termos de manutenção da textura, perda de peso, pH e outras alterações nutricionais (PHILLIPS, 1996). Sendo assim, pode-se considerar a temperatura como sendo o fator externo que mais exerce influência sobre a atividade respiratória (FONSECA, OLIVEIRA e BRECHT, 2001).

Deve-se utilizar, no armazenamento, a menor temperatura recomendável para cada produto visando um prolongamento da sua conservação, tendo em vista que a vida de prateleira das hortaliças pode ter um incremento de 15 % a 20 % para cada grau de redução na temperatura (LUENGO e CALBO, 2001).

Muitas das hortaliças amplamente consumidas pela população perdem suas características físico-químicas e sensoriais em poucos dias após a colheita, principalmente quando mantidas em condições ambientais. Isso é devido a ocorrência de altas taxas de transpiração, resultando em prejuízo na aparência, como perda de brilho, murchamento e enrugamento da casca, além de alteração na textura. Esses efeitos são bastante visíveis em cenouras mantidas sob condições ambientais (20-25°C) durante a comercialização (HARDENBURG et al., 1986 apud CARON, JACOMINO e KLUGE, 2003).

Spagnol, Park e Sigrist (2006) determinaram as taxas respiratórias de cenouras da cultivar Nantes minimamente processadas. O armazenamento foi realizado a 1°C, 5°C e 11°C, sendo a taxa determinada usando um fluxo contínuo de ar. Os autores observaram redução na taxa respiratória com o abaixamento da temperatura.

4.9 Características de Qualidade

A qualidade de frutas e hortaliças corresponde ao conjunto de propriedades que os tornam aceitáveis como alimentos. De um modo abrangente qualidade pode ser definida como o conjunto de características, que diferenciam componentes individuais de um mesmo produto e que tem reflexo na aceitação por parte do consumidor (MAISTRO, 2001).

As propriedades que tornam frutas e hortaliças apreciadas como alimento, dizem respeito à aparência, sabor, odor, textura e valor nutritivo (CHITARRA E CHITARRA, 1990; SAWSON et al. 1995 apud MAISTRO, 2001).

Uma maior ênfase é dada à aparência e a forma. Um produto mnimamente processado deve ser consistente, ter aparência fresca, ser de cor aceitável e razoavelmente livre de defeitos (SHEWFELT et al., 1987 apud MAISTRO, 2001).

A manutenção dessas características é um desafio, uma vez que, logo após a colheita, reações químicas e físicas passam a ocorrer e podem influenciar na qualidade e aumentar a vulnerabilidade aos microrganismos deterioradores, diminuindo assim a vida útil do produto (SKURA E POWRIE, 1995; AHVENAINEM, 1996 apud MAISTRO, 2001).

Cenouras minimamente processadas podem ter suas características de qualidade alteradas durante o armazenamento como resultado de três fenômenos: crescimento microbiológico, resposta fisiológica a fatores de “stress” e desidratação superficial. Essas alterações físicas e químicas afetam a qualidade sensorial e limitam a aceitação do produto pelo consumidor (LAVELLI et al, 2006).

Segundo Della Modesta (1989 apud LIMA et al., 2004), a aparência é uma característica sensorial do alimento, composta de cor, brilho, tamanho e forma, sendo mais marcante o impacto visual causado pela cor. A cor está relacionada com a qualidade dos alimentos frescos, constituindo-se como primeiro critério aplicado para sua aceitação ou rejeição.

Cenoura minimamente processada tem sua vida de prateleira e aceitação limitadas ao esbranquiçamento desenvolvido, durante o armazenamento, na superfície abrasada. O esbranquiçamento desenvolvido nas cenouras minimamente processadas é resultado da desidratação parcial da superfície, sendo uma resposta de ordem física, que inicialmente é reversível e/ou da ativação do metabolismo de ordem fisiológica, irreversível, a qual é responsável pela descoloração de laranja intenso para laranja pálido (BOLIN e HUXSOLL, 1991 apud DURANGO, SOARES e ANDRADE, 2006).

Isto pode ser verificado também por meio da degradação dos carotenóides. As cenouras são as principais fontes de origem vegetal de α e β -caroteno, que são carotenóides provitamínicos A. (BRITTON, 1992; PINHEIRO-SANT’ANA, 1998 apud LIMA et al., 2004).

Os carotenóides são conhecidos como um grupo de substâncias naturais, responsáveis pela coloração amarela, laranja e vermelha de muitos alimentos (NIIZU e RODRIGUEZ-AMAYA, 2005). A estabilidade dos carotenóides durante a estocagem é um objetivo importante para que se obtenham produtos atrativos e aceitáveis. A degradação desses pigmentos além de afetar a cor dos alimentos, afeta também seu valor nutritivo e aroma. A estabilidade dos carotenóides durante a estocagem é tão importante quanto sua retenção durante o processamento (CINAR, 2004).

Outra alteração verificada durante o armazenamento é a perda de água. Em cenouras, essa perda causa murchamento, perda de brilho e torna as raízes mais susceptíveis às podridões (SHIBAIRO, 1997 apud CARON, JACOMINO e KLUGE, 2003). Alta umidade ao redor das frutas e hortaliças reduz a desidratação superficial e conseqüente murchamento. Por outro lado, a umidade elevada no interior da embalagem favorece a deterioração microbiológica. O controle da atmosfera ao redor do produto, em termos de composição gasosa e vapor d'água, que determina sua conservação, é função da embalagem (OLIVEIRA, 2001).

Como conseqüência da perda de massa fresca, tem-se também a perda da textura. A textura dos produtos vegetais é resultante da natureza das células do parênquima e dos demais componentes das paredes celulares, tais como celulose, hemicelulose, lignina e as substâncias pécnicas. É uma característica física de grande importância, visto que interfere na aceitabilidade do consumidor e pode ser reduzida com a maturidade do vegetal. A sua avaliação pode ser feita pela compressão do vegetal, obtendo-se uma medida que equivale à força necessária para vencer a resistência dos tecidos. A temperatura de processamento e armazenamento dos hortifrutícolas também causam alterações nas estruturas celulares, levando a mudanças na textura. A perda da firmeza pode ser atribuída à solubilização dos sólidos hidrossolúveis (BEZERRA et al. 1995 apud LIMA et al. 2002).

Lavelli et al. (2006) avaliaram as características de qualidade de cenouras minimamente processadas durante a estocagem a 4°C e 10°C, por um período de 10 dias. Foram feitas avaliações físico-químicas, sensoriais e microbiológicas. Os autores verificaram, que dos índices avaliados, o esbranquiçamento pode ser considerado como um dos indicadores mais sensíveis da qualidade sensorial do produto. Além disso, observaram redução nas características de qualidade principalmente naquelas cenouras mantidas sob ar atmosférico.

Lima et al. (2004) estudaram o efeito das baixas doses de irradiação γ na concentração de carotenóides totais. As cenouras foram acondicionadas em embalagens com atmosferas modificadas de 5 % O₂ / 10 % CO₂ e 21 % O₂ (ar sintético), armazenadas a 5°C por 24 dias. Os pesquisadores verificaram redução de aproximadamente 55 % na concentração de carotenóides nas amostras controle

(não irradiadas), atribuindo este fato ao processamento mínimo a que foram submetidas as cenouras.

Resende et al. (2004) estudaram as modificações sensoriais em cenoura minimamente processada em dois tipos de corte (raladas e em rodela) durante o armazenamento sob refrigeração a 7 °C por 14 dias, sendo avaliadas semanalmente a aparência, a cor, o aroma, o sabor e a textura. Os autores observaram no decorrer do armazenamento redução nos escores para a aparência e a cor e aumento para escores de sabor e textura em ambos os cortes. Também observaram que as cenouras raladas apresentaram melhor cor e aparência em relação à cortada em rodela, entretanto o sabor e a textura foram melhores para cenouras em rodela.

5 METODOLOGIA

5.1 Testes Preliminares – Definição da Embalagem

Foram realizados testes preliminares, que envolveram análises cromatográficas, para determinação da evolução da composição dos gases, O₂ e CO₂, no interior das embalagens, e avaliação visual das características do produto ao longo do período de armazenamento, visando a escolha da embalagem mais adequada para o desenvolvimento do projeto.

As embalagens testadas foram de polipropileno (PP), tereftalato de polietileno (PET), coextrusada (COEX) e polietileno de baixa densidade (PEBD).

5.2 Processamento Mínimo

As cenouras orgânicas (*Daucus Carota* L.) cv. Brasília utilizadas neste trabalho são provenientes da cidade de Antônio Carlos, SC. Os vegetais foram adquiridos e transportados até o Laboratório de Propriedades Físicas da Universidade Federal de Santa Catarina, onde foram processados conforme fluxograma apresentado na Figura 1.

As cenouras foram inicialmente selecionadas quanto à integridade física, tamanho e cor, lavadas em água corrente, aparadas e descascadas com descascador manual previamente higienizado. Em seguida foram cortadas em pedaços de 1 cm², com o auxílio de um cortador manual e imersas em solução de hipoclorito de sódio de concentração 50 ppm, por 20 minutos.

As amostras foram divididas em dois lotes, sendo um destes lotes imerso em solução à base de gelatina comestível 2% por 15 minutos, e posterior secagem expostas ao ambiente por 20 minutos, conforme descrito por Teixeira et al. (2004). Ambos os lotes foram centrifugados, separadamente, em centrífuga de alimentos doméstica da marca Walita por 40 segundos (tenho que calcular a velocidade angular) e pesados em porções de 100 gramas. As amostras foram acondicionadas manualmente em embalagens de polietileno de baixa densidade (PEBD), de dimensões 16,2 cm de altura por 15,3 cm de largura e espessura de 49 µm (Figura 2), que foram fechadas em seladora marca Sulpack.

As amostras acondicionadas foram armazenadas em câmaras BOD da marca Expectron Tecnologia Industrial Ltda., modelo ECB-EX, com controlador de temperatura, à 1°C, 5°C e 10°C, e umidade relativa variando de 76 % a 80 %, por um período de 15 dias, no Laboratório de Propriedades Físicas – PROFI da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.

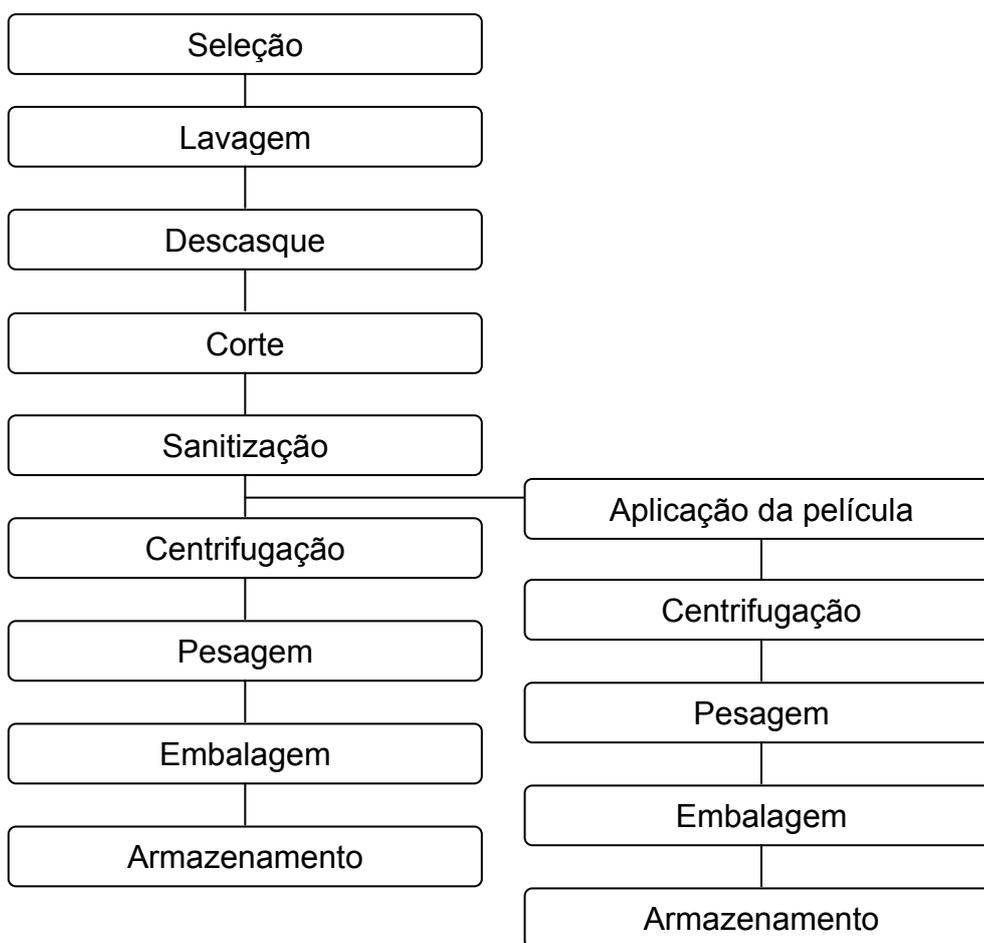


FIGURA 1: Fluxograma do processamento mínimo de cenouras orgânicas.



FIGURA 2: Cenoura orgânica minimamente processada acondicionada em embalagem de polietileno de baixa densidade.

5.3 Caracterização das Cenouras Orgânicas Minimamente Processadas

As cenouras orgânicas minimamente processadas, sem película (SP) e com película (CP), armazenadas sob diferentes temperaturas, em atmosfera modificada passiva, foram caracterizadas por meio de determinação da taxa respiratória, análises físico-químicas, sensoriais e microbiológicas durante o período de armazenamento.

As análises realizadas em todas as amostras estão descritas a seguir.

5.3.1 Determinação da Concentração de Gases no Interior das Embalagens

Para determinação da concentração de gases no interior das embalagens, foram coletadas amostras de gás em triplicata por embalagem, durante 5 dias, em amostras não-destrutivas, com auxílio de uma seringa de 1mL. Na parte externa das embalagens foi adaptado um septo de borracha para a coleta dos gases (Figura 3). As concentrações de CO_2 e O_2 no interior das embalagens foram determinadas por cromatografia gasosa por meio de um cromatógrafo gasoso, modelo CG 35, com detector de condutividade térmica, peneira molecular e coluna de Porapak Q, utilizando Hélio como gás de arraste com vazão de 30 mL/min. A temperatura do detector foi de 133°C, da coluna 53°C e corrente de 240 mA. O tempo de retenção de CO_2 foi 2 minutos e o tempo de retenção de O_2 foi 1 minuto. As amostras de gás padrão foram retiradas à pressão de 1 atm.



FIGURA 3: Embalagem de polietileno de baixa densidade com septo de borracha para coleta de gases.

5.3.2 Taxa de Respiração

O modelo baseado na cinética enzimática descrito por LEE (1996), mostrado pelas equações 2 e 3 foi empregado para gerar dados de concentração e determinar a taxa de respiração a partir dos dados experimentais. Um programa computacional foi desenvolvido para determinar as taxas de respiração aplicando o método Gauss-Newton para resoluções das equações do modelo.

O mecanismo de inibição de Michaelis-Menten, foi descrito a partir das equações 5, 6 e 7, usando os dados gerados pelo programa.

O quociente de respiração (QR) foi determinado por meio da equação 8.

A equação de Arrhenius (equação 9) foi usada para quantificar a influência da temperatura na taxa respiratória dos dois tratamentos, com e sem película.

$$k(T) = k_0 \exp\left(\frac{-Ea}{RT}\right) \quad (9)$$

onde $k(T)$ representa a taxa respiratória do produto em função da temperatura (mL / kg h), k_0 é a constante pré-exponencial, Ea é a energia de ativação, R é a constante universal dos gases (8,3144 J / mol K) e T a temperatura.

A energia de ativação foi então calculada por meio da linearização da equação (9).

5.3.3 Análises Físico-químicas

As análises físico-químicas realizadas neste estudo foram: conteúdo de umidade, perda de massa fresca, textura, acidez total titulável, pH, sólidos solúveis totais, açúcares redutores, carotenóides totais e cor. As análises foram realizadas em triplicata por embalagem, no 1º, 3º, 6º, 8º, 10º, 13º e 15º dia de armazenamento, com repetição dos experimentos.

5.3.3.1 Conteúdo de Umidade

A determinação do conteúdo de umidade foi realizada de acordo com A.O.A.C. (1995). Cinco gramas de amostra foram pesadas em placas de Petri e colocadas em estufa marca Expectron Tecnologia Industrial Ltda., modelo COC2 LW1000, à 105°C por 24 horas. As placas foram retiradas da estufa e colocadas em dessecador por 30 minutos para esfriar. Posteriormente foram pesadas em balança analítica marca Shimadzu, modelo AY220 com precisão de 0,0001g. O conteúdo de umidade foi calculado e expresso em porcentagem de umidade, base úmida.

5.3.3.2 Perda de Massa Fresca

Para a determinação da perda de massa fresca, as amostras não destrutivas foram pesadas em uma balança marca Marte, modelo AS2000C, com precisão de 0,01g, sendo calculadas as perdas ao longo do período de armazenamento por meio da equação 11.

$$\% \text{ de perda de massa fresca} = \left(1 - \frac{M_n}{M_0} \right) \cdot 100 \quad (11)$$

onde M_0 é a massa das amostras no tempo inicial de armazenamento e M_n a massa para os dias posteriores de análise ($n= 1, 3, 6, 8, 10, 13$ e 15).

5.3.3.3 Textura

A avaliação instrumental da textura foi baseada na determinação da força máxima de perfuração (FMP) e do perfil da força de relaxação (PFR), ambos expressos em Newton (N), por meio de um texturômetro digital marca Stable Micro System, modelo TAXT2i texture analyser, utilizando-se uma sonda de 2 mm de

diâmetro, velocidade de perfuração de 3,3 mm / s, profundidade de perfuração de 6,3 mm e tempo de amostragem de 40 s. As determinações foram realizadas em triplicata no floema (parte externa) e xilema (parte interna/miolo) das amostras.

5.3.3.4 Acidez Total Titulável

A acidez total titulável foi determinada segundo CARVALHO et al. (1990). Cinco gramas de amostra foram misturadas com 100 mL de água destilada em liquidificador doméstico marca Arno, modelo Faciliq Super. Uma alíquota de 5 mL da amostra foi transferida para um erlenmeyer, diluída em 30 mL de água destilada e feita a titulação com solução de hidróxido de sódio 0,1N, até que fosse atingido pH 8,1 (determinado com o auxílio de pHmetro digital marca Quimis, modelo Q 400B). O conteúdo de acidez foi calculado por meio da equação 10 e os resultados expressos em porcentagem de ácido málico.

$$\% \text{ de ácido málico} = \frac{V \cdot f \cdot N \cdot PE \cdot 100}{P} \quad (10)$$

onde V é o volume de NaOH gasto na titulação em mL, f é o fator de correção, N é a normalidade do NaOH, P é a massa de amostra em g e PE o peso em equivalente grama do ácido málico.

5.3.3.5 pH

A determinação do valor do pH foi realizada diretamente no suco das cenouras, obtido com o auxílio de um processador de alimentos da marca Walita. O pH das cenouras foi determinado utilizando-se um pHmetro digital marca Quimis, modelo Q 400B.

5.3.3.6 Sólidos Solúveis Totais

A determinação do teor de sólidos solúveis totais foi realizada diretamente no suco das cenouras, obtido com o auxílio de um processador de alimentos da marca Walita. O teor de sólidos solúveis totais das amostras foi determinado utilizando-se um refratômetro digital marca Reichert Analytical Instruments, modelo AR 200, que

fornece medidas diretas em °Brix, com resolução de 0,1, sem a necessidade de correção em função da temperatura.

5.3.3.7 Açúcares Redutores

O conteúdo de açúcares redutores presentes nas amostras foi determinado por meio do Método DNS (ácido 3,5 dinitrissalissílico), descrito por Miller (1959). Foram adicionados a um tubo de ensaio 100 µL de suco de cenoura e 3,4 mL de água destilada. Da amostra diluída, transferiu-se 200 µL para um tubo de ensaio e, adicionou-se 200 µL do reativo DNS, sendo homogeneizado. A mistura foi levada à ebulição, durante 15 min em banho-maria. Após o resfriamento em banho de gelo, adicionou-se 2 mL de água destilada. Esperou-se 15 min para a estabilização da amostra à temperatura ambiente e realizou-se a leitura em espectrofotômetro marca Spectronic Unicam, modelo Genesys 10 vis., no comprimento de onda de 540 nm. A concentração de açúcares redutores nas amostras foi calculada com o auxílio de uma curva padrão obtida para a absorvância (540 nm) em função da concentração de glicose (g / L).

5.3.3.8 Carotenóides Totais

Para a determinação do conteúdo de carotenóides totais foi empregada metodologia proposta por Wellburn (1994), que consiste na determinação do conteúdo dos pigmentos, clorofila a, clorofila b e carotenóides. Para tal, foram pesados 65 mg de amostra e colocados em tubos de ensaio contendo 5 mL do solvente dimetilsulfóxido, por 48 horas, para que ocorresse a completa extração dos pigmentos. A absorvância do sobrenadante foi determinada por método colorimétrico, utilizando-se um espectrofotômetro marca Spectronic Unicam, modelo Genesys 10 vis., nos comprimentos de onda de 480, 649 e 665 nm. O conteúdo total de carotenóides foi calculado a partir de equações propostas pelo mesmo autor.

5.3.3.9 Cor

Para a determinação da cor das amostras de cenoura minimamente processadas, foram realizadas medidas diretas no floema e xilema das mesmas por meio da utilização de um colorímetro marca Minolta CR-400, operando no sistema CIE e Hunter (L^* , a^* , b^* , C, h), utilizando sistema de iluminação D65 e ângulo de

observação de 8°.

Na escala de Hunter, o índice “L*” mede a luminosidade, variando de 0 (para amostra perfeitamente preta) a 100 (para amostra perfeitamente branca); “a*” mede da cor verde (valor negativo) à cor vermelha (valor positivo); e “b*” mede da cor azul (sinal negativo) à cor amarela (sinal positivo). Já o “C” representa a cromaticidade e o “h” o ângulo hue.

A partir dos parâmetros de cor obtidos foi calculado o “índice de esbranquiçamento” (IE), por meio da equação 12 (KLAIBER et al., 2005):

$$IE = 100 - \left[(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2} \right]^{1/2} \quad (12)$$

Este índice foi utilizado para avaliar o esbranquiçamento da amostra ao longo do período de armazenamento. O IE pode apresentar valores de 0 a 100, sendo que valores mais próximos a 100 indicam um maior esbranquiçamento da amostra.

5.3.4 Análise Sensorial

A análise sensorial foi realizada por meio de testes de aceitação da aparência global de cenoura minimamente processada e quanto à intenção de compra, no 1º, 6º, 10º e 15º dia de armazenamento. Participaram da análise 30 julgadores não treinados, que avaliaram as amostras armazenadas nas diferentes temperaturas, separadamente.

Para avaliar a aceitação dos julgadores em relação à aparência das amostras foi utilizada uma escala hedônica de 9 pontos (9=gostei extremamente, 5=não gostei nem desgostei, 1=desgostei extremamente) (MEILGAARD, CIVILLE e CARR, 1999). O ponto de corte estabelecido para este atributo foi nota 5, sendo consideradas inaceitáveis as amostras com nota inferior. As amostras foram apresentadas aos julgadores de forma monádica em embalagens de polietileno de baixa densidade do tipo “zip”, em porções de aproximadamente 25 g.

A intenção de compra das amostras também foi verificada por meio de escala estruturada de 5 pontos (1=certamente compraria, 3=talvez comprasse/talvez não comprasse, 5=certamente não compraria). As amostras foram apresentadas aos

julgadores em embalagens de polietileno de baixa densidade, em porções de aproximadamente 100 g.

5.3.5 Análise Microbiológica

As análises microbiológicas de Coliformes Totais e Psicotróficos foram realizadas no Laboratório de Análises do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos – LABCAL da UFSC, no 1º e 15º dia de armazenamento, para as três temperaturas estudadas.

5.3.6 Análise Estatística

Os experimentos a 1°C, 5°C e 10°C, para as amostras com e sem aplicação de película foram realizados em duplicata, sendo as análises realizadas em triplicata em cada experimento.

Os resultados foram avaliados por meio da análise de variância (ANOVA), com auxílio do programa Statistica 6.0, sendo que os fatores que apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$) foram submetidos ao teste de médias (Tukey). As influências do período de armazenamento, temperatura e aplicação de película foram avaliadas.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Testes Preliminares – Definição da Embalagem

Os testes realizados para avaliar o comportamento do produto acondicionado nos diferentes tipos de embalagens, conforme descrito no item 5.1, apresentaram os resultados descritos a seguir, quanto ao aspecto visual do produto e composição gasosa, ao longo do período de armazenamento.

6.1.1 Polipropileno (PP)

A embalagem PP apresentou características satisfatórias para a conservação das cenouras ao longo do período de armazenamento, entretanto, foi descartada devido à baixa propriedade de selagem a quente. A vedação não foi adequada provocando entrada de ar do meio externo, mascarando os resultados e ainda provocando o esbranquiçamento rápido do produto.

6.1.2 Tereftalato de Polietileno (PET)

A embalagem PET mostrou barreira elevada à umidade, sendo observada condensação excessiva no interior da mesma durante o período de armazenamento. Além disso, a embalagem testada não apresentava fechamento hermético da tampa. Dessa maneira a mesma foi descartada.

6.1.3 Embalagem Coextrusada (COEX)

A embalagem COEX apresentou boas características de qualidade visual, adequada à manutenção do produto. Porém, foi descartada por apresentar barreira muito elevada à troca gasosa, levando à anaerobiose.

6.1.4 Polietileno de Baixa Densidade (PEBD)

A embalagem PEBD apresentou excelentes características visuais de qualidade para a manutenção do produto ao longo do período de armazenamento, além de ter mostrado facilidade de manuseio quanto à selagem. Também proporcionou bom equilíbrio entre o produto e a embalagem quanto aos gases e umidade.

Diante dos resultados obtidos, optou-se por trabalhar com a embalagem PEBD, já que a mesma adequou-se ao produto e condições de processo.

6.2 Determinação da Composição Gasosa

Os resultados apresentados a seguir são referentes às concentrações de gases no interior das embalagens durante cinco dias, período necessário para que o equilíbrio fosse alcançado.

O perfil da concentração de gases para cenouras orgânicas minimamente processadas, armazenadas em embalagem PEBD, SP e CP, a 1°C, 5°C e 10°C, estão apresentados nas Figuras 4, 5, 6, 7, 8 e 9. Pode-se observar por meio das figuras, que em todos os casos, o comportamento seguiu a mesma tendência, redução no teor de oxigênio e aumento no conteúdo de dióxido de carbono, ao longo do período de armazenamento, conforme esperado.

Para avaliar os dados experimentais da concentração de O₂ e CO₂, os mesmos foram ajustados aos valores calculados pelo modelo, por meio de um programa desenvolvido no Matlab.

Para as amostras de cenouras sem película, armazenadas a 1°C, verificou-se uma redução no teor de O₂ de 21 % (1º dia) para 4,32 % (último dia de análise) e um aumento na concentração de CO₂ de 0,04 % para 8,12 %, conforme Figura 4. Para a amostra com película foi observada uma redução no O₂ de 21 % para 5,59 %, enquanto o CO₂ aumentou de 0,04 % para 7,92 %, conforme Figura 5. Tanto para as amostras sem película quanto para as com película, o perfil obtido foi semelhante, observando-se valores finais para a concentração de O₂ e CO₂ bem próximos, 4,32 % e 5,59 %, e 8,12 % e 7,92 %, respectivamente. As amostras também apresentaram bom ajuste do modelo aos dados experimentais de concentração, obtendo-se para a amostra sem película, R = 0,9954, e para a amostra com película, R = 0,9864, de acordo com as Figuras 4 e 5, respectivamente.

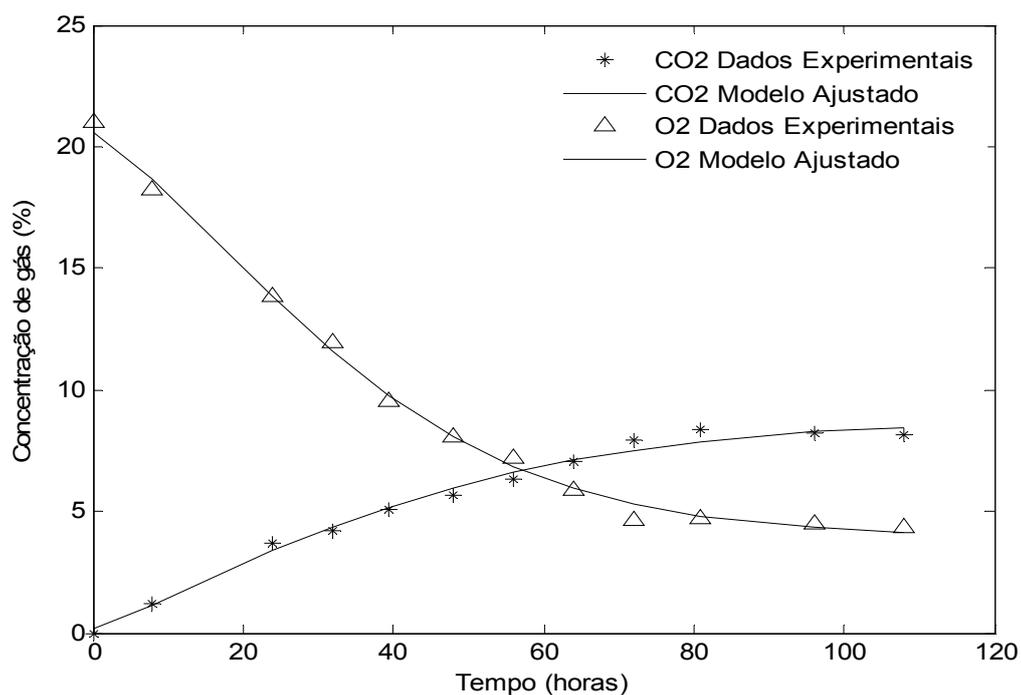


FIGURA 4: Comportamento das concentrações de O_2 e CO_2 em função do tempo e, dos dados simulados, para cenoura orgânica minimamente processada sem película, armazenada a $1^\circ C$.

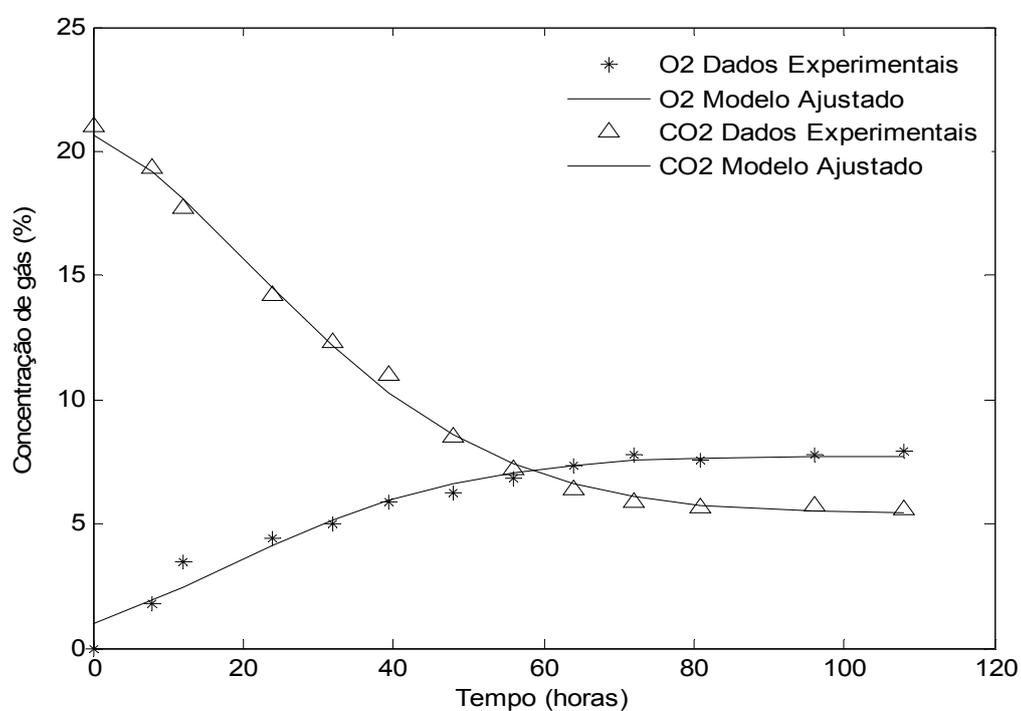


FIGURA 5: Comportamento das concentrações de O_2 e CO_2 em função do tempo e, dos dados simulados, para cenoura orgânica minimamente processada com película, armazenada a $1^\circ C$.

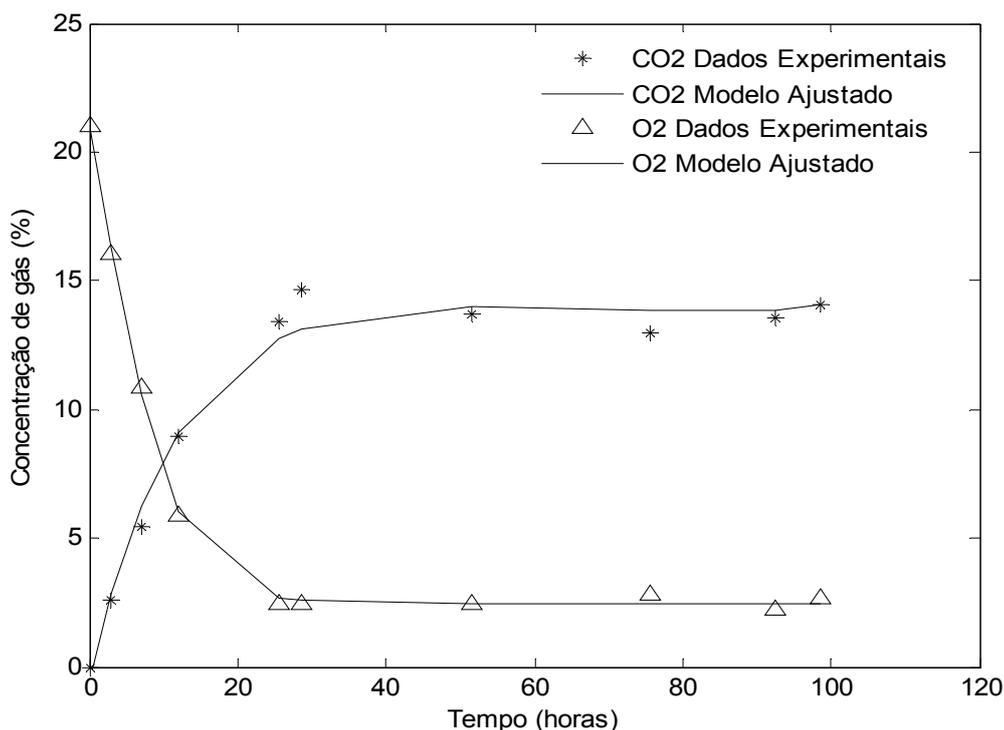


FIGURA 6: Comportamento das concentrações de O₂ e CO₂ em função do tempo, e dos dados simulados, para cenoura orgânica minimamente processada sem película, armazenada a 5°C.

Para as amostras de cenoura sem película, armazenadas a 5°C, verificou-se uma redução no teor de O₂ de 21 % para 2,66 % e um aumento na concentração de CO₂ de 0,04 % para 14,10 %, conforme Figura 6. Para as amostras com película foi observada uma variação no O₂ de 21 % para 2,59 %, enquanto o CO₂ teve um aumento de 0,04 % para 13,75 %, conforme Figura 7. Tanto para as amostras sem película quanto para as com película, o perfil obtido foi semelhante, observando-se valores finais para a concentração de O₂ e CO₂ bem próximos.

Verificou-se bom ajuste do modelo aos dados experimentais de concentração a 5°C, obtendo-se para a amostra sem película $R = 0,8985$ e para a amostra com película $R = 0,9352$.

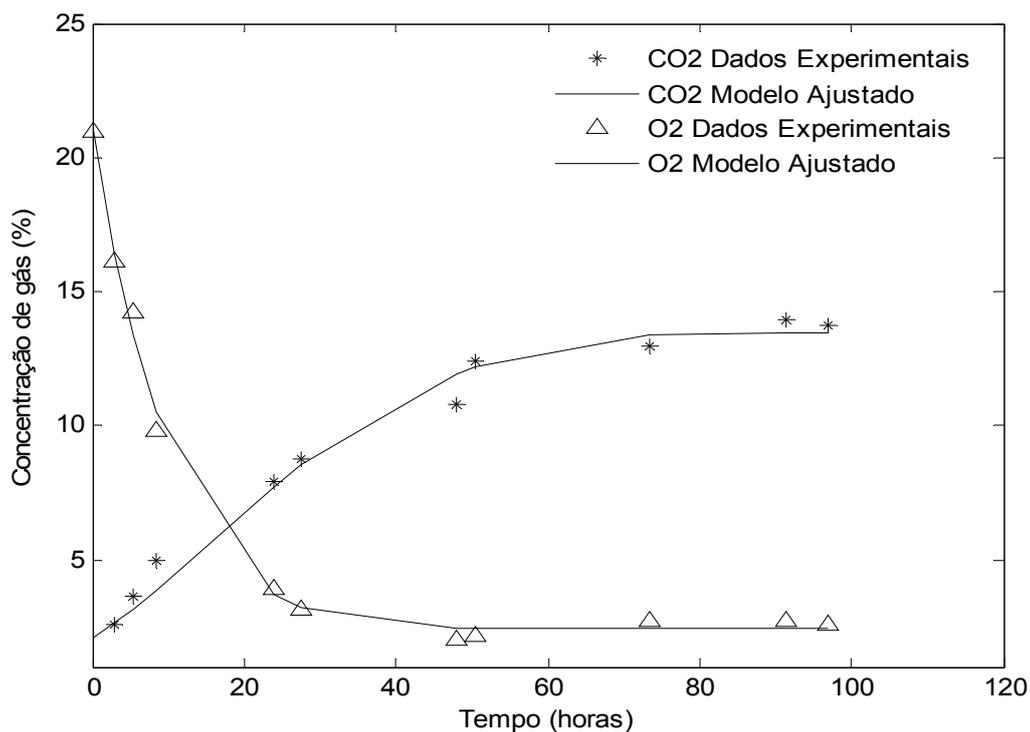


FIGURA 7: Comportamento das concentrações de O₂ e CO₂ em função do tempo, e dos dados simulados, para cenoura orgânica minimamente processada com película, armazenada a 5°C.

As amostras de cenoura sem película armazenadas a 10°C, apresentaram uma variação no teor de O₂ de 21 % para 2,43 % e um aumento no CO₂ de 0,04% para 16,32 %, conforme Figura 8. Já para a amostra com película foi observada uma redução no O₂ de 21 % para 2,25 %, enquanto o CO₂ teve um aumento de 0,04% para 16,27%, conforme Figura 9.

Verificou-se para as amostras a 10°C também bom ajuste do modelo aos dados experimentais de concentração, obtendo-se para a amostra sem película R = 0,9327 e para a amostra com película R = 0,9273.

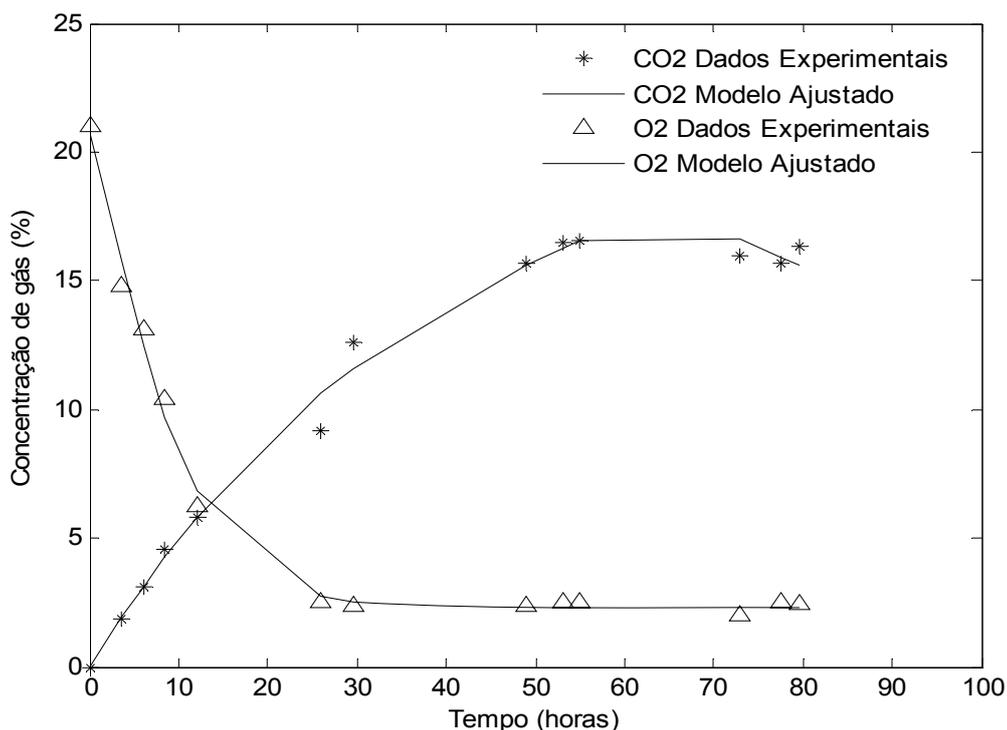


FIGURA 8: Comportamento das concentrações de O₂ e CO₂ em função do tempo, e dos dados simulados, para cenoura orgânica minimamente processada sem película, armazenada a 10°C.

Comparando os resultados obtidos nas três temperaturas, observa-se que houve tendência de aumento da concentração de CO₂ e redução de O₂, ao longo do tempo. Também foi observada diferença significativa ($p \leq 0,05$) para as concentrações finais de O₂ e CO₂, para as amostras a diferentes temperaturas, com aumento final da concentração de CO₂, conforme aumento da temperatura. Resultado inverso foi observado para as concentrações de O₂. Ou seja, a concentração de O₂ diminui com aumento da temperatura. Este comportamento já era esperado, devido ao aumento na atividade metabólica, que é consequência da elevação da temperatura de armazenamento das amostras.

Em relação aos tratamentos utilizados, aplicação ou não de película, não foi observada diferença significativa entre as amostras armazenadas a mesma temperatura, tanto para as concentrações de O₂ quanto para as de CO₂. Além disso, também se verificou que os dados que apresentaram melhores ajustes ao modelo, foram àqueles obtidos a 1°C.

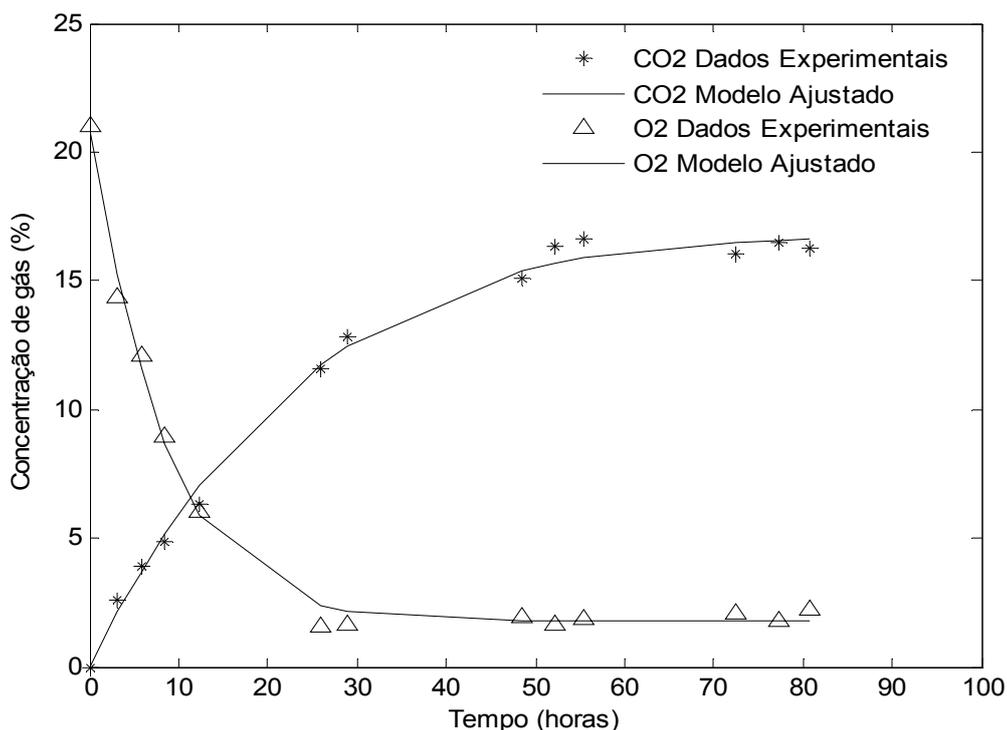


FIGURA 9: Comportamento das concentrações de O₂ e CO₂ em função do tempo, e dos dados simulados, para cenoura orgânica minimamente processada com película, armazenada a 10°C.

Carlin et al. (1990) afirmam que os filmes como polipropileno e polietileno de baixa densidade, geralmente geram grandes modificações na atmosfera dentro das embalagens de cenouras processadas, podendo ser atingidos níveis acima de 30 % de CO₂ e inferiores a 5 % de O₂. Apesar de ter sido observada grande modificação da atmosfera interna, não foram atingidos valores tão elevados nas concentrações de CO₂.

Segundo Francis, Thomas e O'beirne (1999), produtos frescos e prontos para o consumo são usualmente acondicionados em embalagens semipermeáveis, pois, continuam respirando, e alteram a composição gasosa no interior da embalagem. Nesse contexto, o ideal é que sejam atingidos níveis de O₂ que variem de 2 % a 5 % e níveis de CO₂ de 3 % a 10 %, que combinados com a refrigeração reduzem a taxa respiratória, o crescimento microbiano, diminuem as alterações das características dos produtos e, conseqüentemente, prolongam sua vida de prateleira. Níveis semelhantes a estes foram atingidos, tanto para as amostras sem película, quanto para as com película, a temperatura de 1°C, estudadas neste trabalho.

6.3 Taxa de Respiração de Cenoura Orgânica Minimamente Processada

A partir dos dados de concentração obtidos, calculou-se a taxa respiratória para as amostras acondicionadas nas diferentes condições de armazenamento. Os resultados obtidos para a taxa respiratória, expressos em mL CO₂ / kg h (Figura 10).

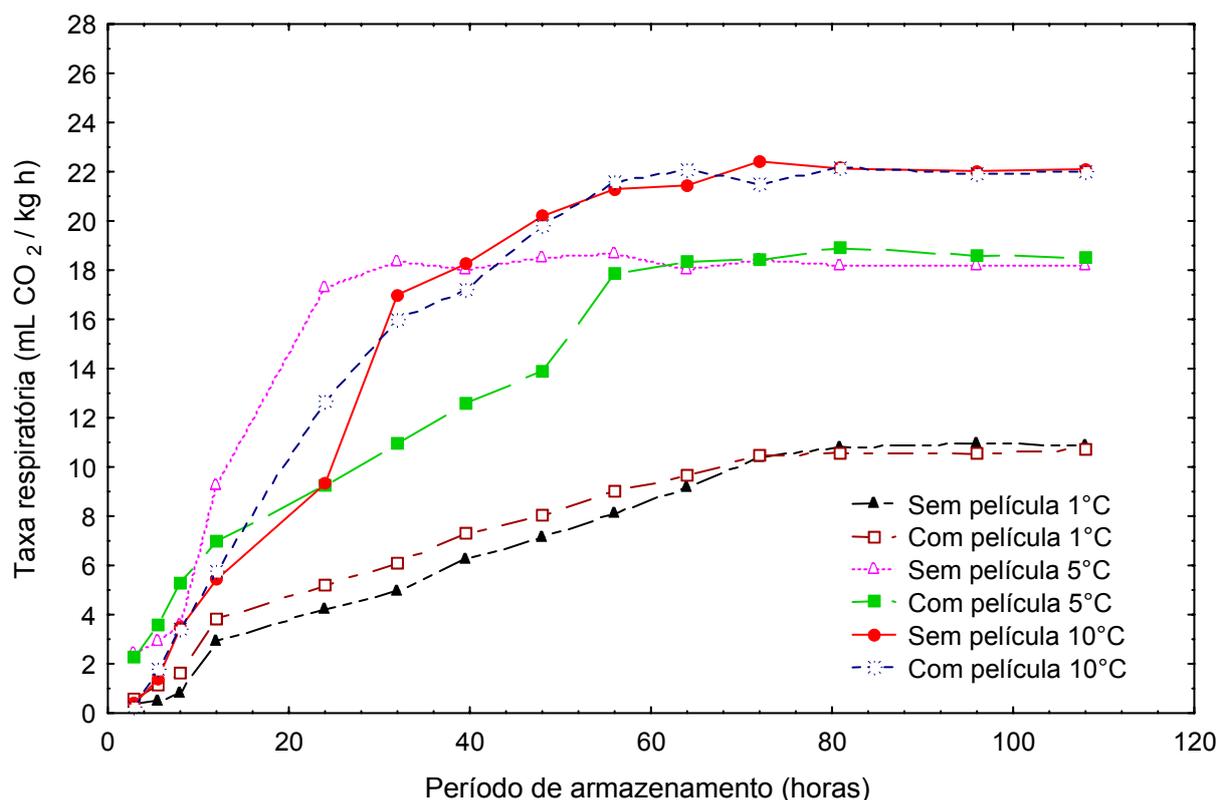


FIGURA 10: Taxas respiratórias (mL CO₂ / kg h) de cenoura orgânica minimamente processada armazenada a 1°C, 5°C e 10°C.

A temperatura de 1°C, o pico respiratório das amostras sem película e com película foi de 10,82 mL CO₂ / kg h e de 10,44 mL CO₂ / kg h, respectivamente, após 72 horas de armazenamento.

Para as amostras a 5°C, a máxima taxa respiratória foi de 18,13 mL CO₂ / kg h para aquelas sem película, e 17,75 mL CO₂ / kg h para as com película após 50 horas; já para as amostras armazenadas a 10°C a máxima taxa respiratória foi de 21,75 mL CO₂/kg h e 21,50 mL CO₂/kg h para amostras sem película e com película, respectivamente, também após 50 horas.

Pôde-se verificar que as taxas respiratórias aumentaram com o aumento da temperatura, comportamento já esperado, uma vez que às temperaturas mais

elevadas aceleram o metabolismo das frutas e hortaliças. Foram verificados valores significativamente menores ($p \leq 0,05$) para a taxa respiratória das amostras mantidas a 1°C. Em contrapartida, valores para a taxa respiratória significativamente maiores ($p \leq 0,05$) foram verificados para as amostras armazenadas a 10°C.

Segundo Lee, Park e Lee (1996) a temperatura recomendada para o armazenamento de cenouras em pedaços é de 0°C. Podendo este fato ser comprovado quando avaliam-se os resultados obtidos neste estudo, ou seja, menor atividade metabólica a 1°C, temperatura mais próxima do recomendado utilizada.

Os resultados de taxa respiratória, a 1°C e 5°C, obtidos neste trabalho são semelhantes aos obtidos por Spagnol, Park e Sigrist (2006). Os autores estudaram o comportamento de cenouras minimamente processadas, cultivar Nantes, em rodela e armazenadas a 1°C, 5°C e 11°C e acondicionadas em frascos de vidro. As taxas respiratórias obtidas foram de 12,49 mL CO₂ / kg h, 19,58 mL CO₂ / kg h e 36,04 mL CO₂ / kg h, respectivamente. Para as amostras a 11°C, o autor observou taxas respiratórias bastante superiores àquelas observadas neste estudo para àquelas a 10°C.

Watada, Ko e Minott (1996) apresentaram dados para taxa respiratória de cenoura minimamente processada, em pedaços, que diferiram dos obtidos neste estudo. A 0°C os autores obtiveram taxa respiratória de 5,5 mL CO₂ / kg h, a 5°C 15,3 mL CO₂ / kg h e a 10°C valores de 28,6 mL CO₂ / kg h. No entanto, os mesmos relatam que estes valores foram obtidos quando as cenouras foram mantidas sob atmosfera controlada, mantendo-se a concentração do ar atmosférico.

Os valores relatados por Izumi et al. (1996), para cenouras minimamente processadas, em pedaços, armazenadas a 0°C, 5°C e 10°C também diferiram, em parte, dos resultados obtidos neste estudo. Os autores verificaram valores de 5,7 mL CO₂ / kg h, 12,1 mL CO₂ / kg h e 22,1 mL CO₂ / kg h, para 0°C, 5°C e 10°C, respectivamente, para as amostras também mantidas sob atmosfera controlada, mantendo-se a concentração do ar atmosférico.

Os diferentes resultados obtidos nos diversos trabalhos são conseqüência também do tipo de matéria-prima, condições de cultivo, estágio de maturidade, armazenamento, colheita entre outros.

6.4 Parâmetros Cinéticos

A cinética enzimática baseada em Michaelis-Menten foi empregada para descrever a troca gasosa entre produto e embalagem de cenouras minimamente processadas. A Tabela 1 mostra os parâmetros cinéticos obtidos por análise de regressão das curvas, a partir dos dados experimentais do consumo de O₂ versus a concentração.

Os produtos hortícolas apresentam uma série de resistências à difusão dos gases entre a parede celular e a atmosfera ao redor do produto. A resistência a difusão influencia o resultado do modelo aplicado. Peppelenbos e Leven (1996) apresentam duas hipóteses que podem ocorrer no processo respiratório: primeiro o substrato disponível (O₂) afeta Vm_{O_2} , Km_{O_2} e Kmc_{CO_2} . E a segunda hipótese é que um gradiente de concentração nos tecidos do produto pode ocorrer e isto pode provocar diferenças nas taxas de respiração no produto.

Avaliando a Tabela 1, observa-se que o substrato afeta a constante de Michaelis-Menten para o CO₂ nos três modelos aplicados, nos dois tratamentos e diferentes temperaturas. Os valores de Km_{O_2} são próximos para todas as temperaturas e tratamentos, sem película e com película. Por outro lado, o Kmu_{CO_2} para o modelo incompetitivo apresenta valores superiores. Houve diferença significativa para os três diferentes modelos para os valores de Km . A máxima taxa de consumo (Vm_{O_2}) é maior à temperatura de 10°C e difere estatisticamente para os diferentes modelos à 1°C. A 5°C e 10°C, os valores de Vm_{O_2} do modelo incompetitivo, diferem significativamente dos modelos 1 e 3. Este resultado sugere, que provavelmente, a máxima taxa respiratória é pouco influenciada em altas concentrações.

Não foi possível elucidar com clareza o tipo de inibição predominante no presente estudo, mesmo quando comparado com estudos para outros produtos

hortícolas. Vale ressaltar que Peppelenbos e Leven (1996) aplicaram os mesmos modelos para maçã, brócolis e tomate e observaram discrepância entre os dados experimentais e da literatura.

TABELA 1: Parâmetros cinéticos obtidos a partir dos dados experimentais do consumo de O₂ versus a concentração.

Tratamento	Vm_{O_2} (mL/kg h)	Km_{O_2} (%)	Kmc_{CO_2} (%)	Kmu_{CO_2} (%)	Kmn_{CO_2} (%)
Modelo competitivo (1)					
SP 1°C	8,38	1,06	0,56	-	-
CP 1°C	9,73	0,31	0,84	-	-
SP 5°C	19,03	0,61	0,10	-	-
CP 5°C	17,19	0,76	0,10	-	-
SP 10°C	18,05	0,70	0,17	-	-
CP 10°C	22,91	0,65	0,13	-	-
Modelo Incompetitivo (2)					
SP 1°C	10,73	2,52	-	56,56	-
CP 1°C	7,51	4,15	-	43,35	-
SP 5°C	25,40	2,04	-	15,12	-
CP 5°C	19,09	1,07	-	52,74	-
SP 10°C	18,24	1,26	-	60,40	-
CP 10°C	21,95	1,03	-	31,61	-
Modelo Não competitivo (3)					
SP 1°C	12,74	2,69	-	-	21,51
CP 1°C	9,99	3,72	-	-	20,36
SP 5°C	19,06	0,61	-	-	63,07
CP 5°C	17,19	0,76	-	-	18,86
SP 10°C	19,67	1,10	-	-	33,09
CP 10°C	21,91	0,63	-	-	43,20

6.5 Quociente Respiratório

Os resultados obtidos para o quociente respiratório para cenouras orgânicas minimamente processadas, armazenadas a 1°C, 5°C e 10°C estão apresentados na Tabela 2.

TABELA 2: Valores de quociente respiratório de cenouras orgânicas minimamente processadas armazenadas a 1°C, 5°C e 10°C.

Tratamento	QR		
	1°C	5°C	10°C
Sem película	0,36	0,55	0,67
Com película	0,37	0,56	0,63

A partir dos resultados pode-se observar que o quociente respiratório aumentou com o aumento da temperatura. Conforme a literatura (Watada, Ko e Minott, 1996), valores de QR inferiores a 1 indicam que o principal substrato metabólico utilizado na respiração das cenouras orgânicas minimamente processadas tenha sido formado por lipídios.

Como em cenouras o teor de lipídios é muito baixo, provavelmente este tenha sido o substrato inicial da respiração e, posteriormente foram consumidos os outros compostos, como por exemplo, sólidos solúveis e ácidos orgânicos.

Watada, Ko e Minott (1996), relataram para cenoura minimamente processada, em pedaços, mantidas a 0°C, 5°C e 10°C, quocientes respiratórios de 0,6, 0,8 e 0,6. Apesar de terem observado valores um pouco diferentes aos verificados neste trabalho, os mesmos também são inferiores a 1, indicando o mesmo substrato utilizado para a respiração.

6.6 Energia de Ativação

As curvas apresentadas nas Figuras 11 e 12 foram construídas para a determinação da E_a por meio do cálculo do coeficiente angular da curva linearizada da equação de Arrhenius, para as cenouras sem película e com película, respectivamente.

Para as amostras com película a energia de ativação foi de 50,59 KJ / mol e sem película de 51,88 KJ / mol. Pode-se observar valores próximos de E_a para os dois tratamentos, o que evidencia que a aplicação da película não influenciou a taxa respiratória dos produtos.

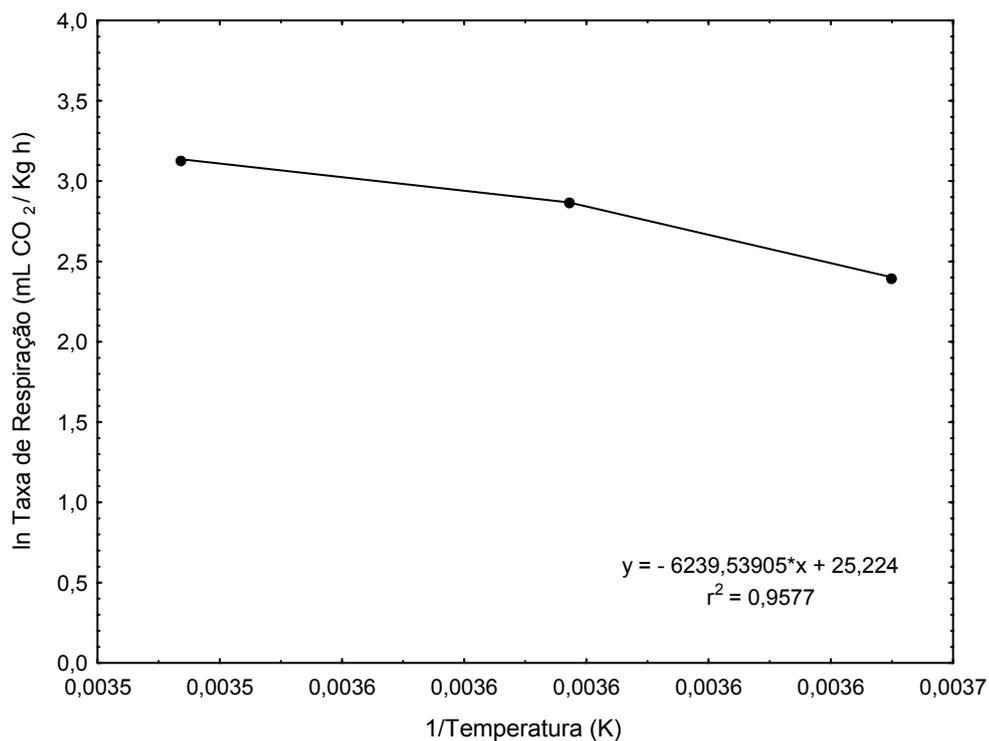


FIGURA 11: Curva linearizada da equação de Arrhenius para cenouras orgânicas minimamente processadas sem película, armazenadas a 1°C, 5°C e 10°C.

Os valores obtidos neste estudo são comparáveis aos obtidos por Spagnol, Park e Sigrist (2006) para cenouras inteiras, que foi de 54,60 KJ / mol. No entanto, para cenouras minimamente processadas, em fatias, estes autores relatam valores superiores de energia de ativação, correspondendo a 69,82 KJ / mol.

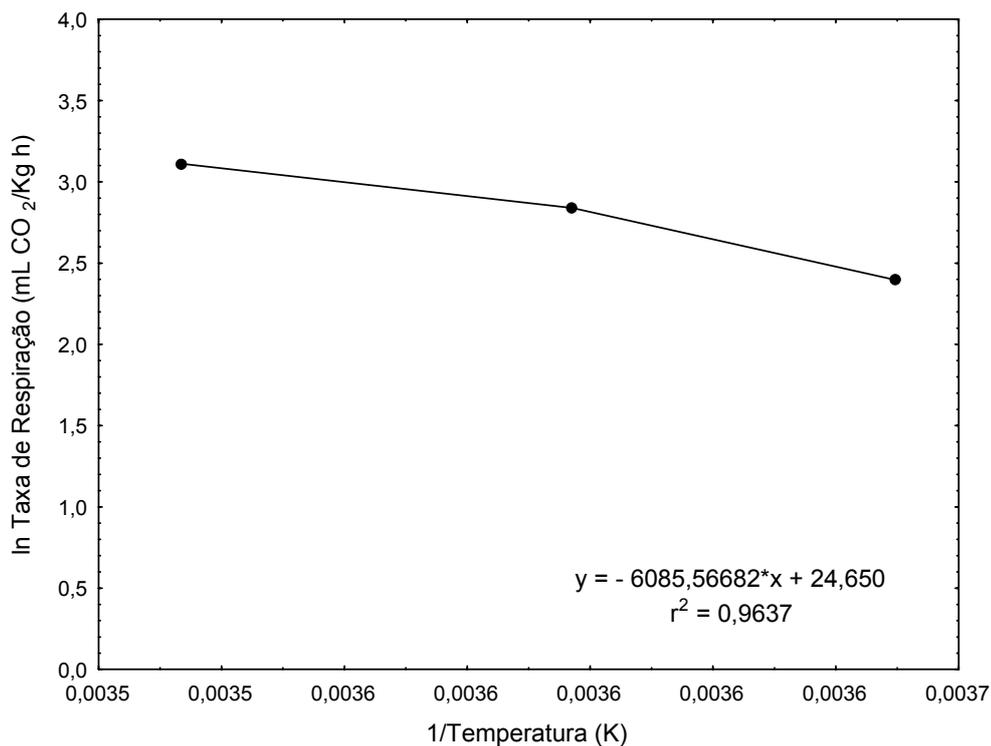


FIGURA 12: Curva linearizada da equação de Arrhenius para cenouras orgânicas minimamente processadas com película, armazenadas a 1°C, 5°C e 10°C.

6.7 Análises Físico-químicas

Os resultados das análises físico-químicas estão apresentados a seguir.

6.7.1 Conteúdo de Umidade

Os resultados obtidos para a variação dos teores de umidade nas amostras, expressos em %, para os diferentes tratamentos ao longo do período de armazenamento, estão apresentados na Figura 13. O tratamento estatístico dos dados está apresentado na Tabela A1, no apêndice A.

A partir dos resultados, verificou-se maior variação e conseqüente redução significativa ($p \leq 0,05$) no teor de umidade ao longo do período de armazenamento apenas para as amostras mantidas a 10°C.

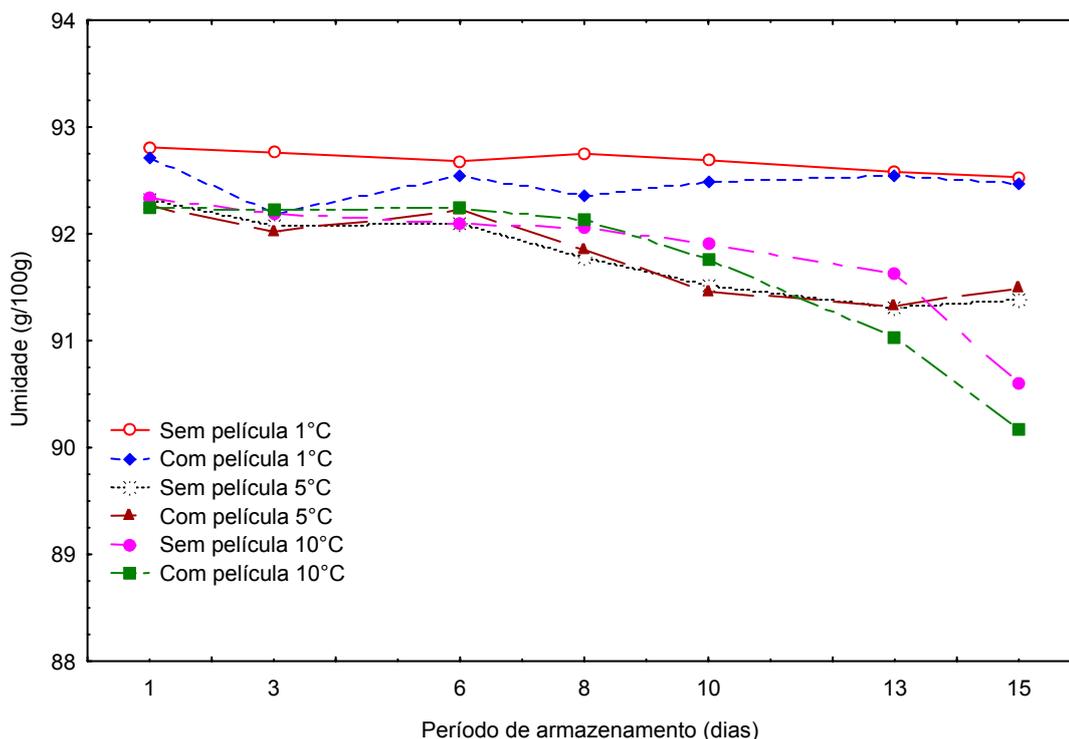


FIGURA 13: Perfil dos valores de umidade (g/100g) de cenouras orgânicas minimamente processadas armazenadas a 1°C, 5°C e 10°C.

Quando os dados foram analisados entre as diferentes temperaturas e tratamentos (sem película e com película), foram observadas diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre as amostras a partir do 10º dia de armazenamento.

A análise estatística mostrou também que os dois tratamentos utilizados, não exerceram influência significativa ($p \leq 0,05$) sobre as amostras mantidas a mesma temperatura.

Os resultados obtidos estão de acordo com os observados por Pilon (2003) que encontrou para cenouras minimamente processadas acondicionadas em embalagens de BOPP e PEBD, armazenadas a 1°C durante 21 dias, teores médios de umidade variando de 89,59 g / 100 g a 90,89 g / 100 g.

6.7.2 Perda de Massa Fresca

A perda de massa observada para cenouras orgânicas avaliadas neste trabalho está apresentada na Figura 14. O tratamento estatístico dos dados está apresentado na Tabela A2, no apêndice A.

Foram obtidos como resultados uma perda de massa fresca máxima de 0,18 % e de 0,20 % para as amostras sem película e com película, respectivamente, armazenadas a 1°C. Valores de 0,21 % e de 0,20 % para amostras, sem película e com película, armazenadas a 5°C e de 0,42 % e 0,40 % para as amostras, também sem película e com película, mantidas a 10°C. Em todos os casos, a perda máxima foi alcançada no 15º dia de armazenamento.

Pode-se verificar que houve influência significativa ($p \leq 0,05$) tanto do período de armazenamento quanto da temperatura. Não houve influência significativa da adição de película para amostras a 1°C e 5°C, diferentemente do que ocorreu com as amostras a 10 °C ($p \leq 0,05$) no 6º e 8º dias de armazenamento.

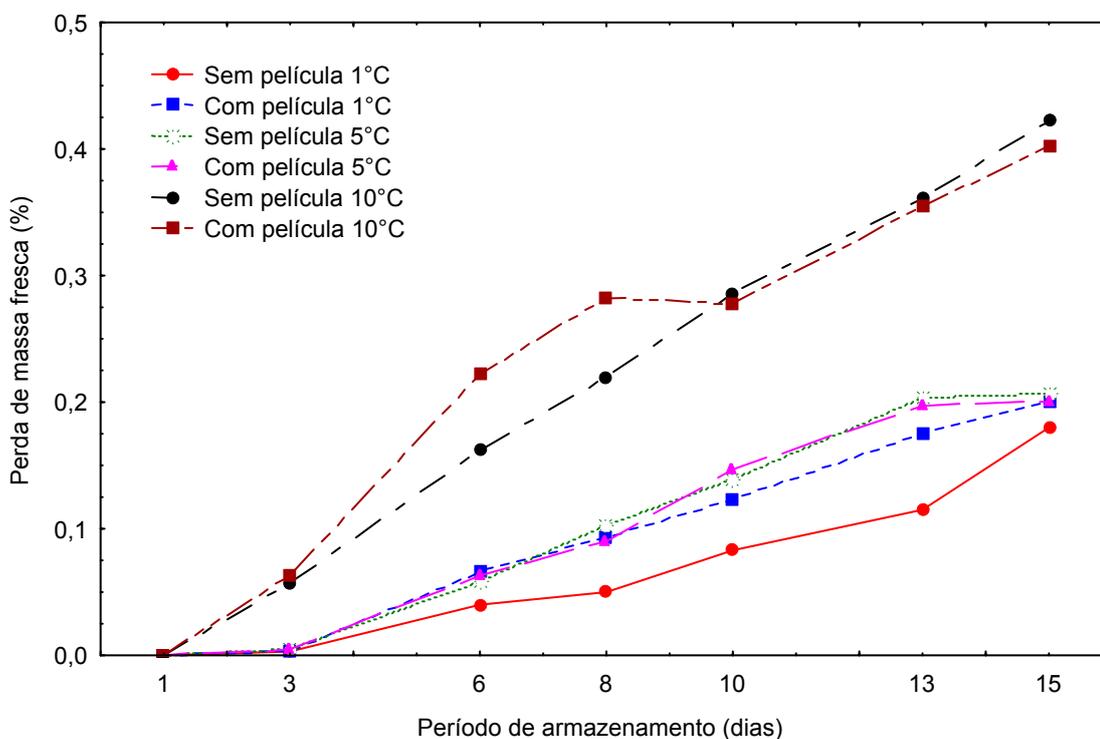


FIGURA 14: Perfil dos valores de perda de massa fresca (%) de cenouras orgânicas minimamente processadas armazenadas a 1°C, 5°C e 10°C.

Os resultados obtidos para a umidade estão de acordo com os obtidos para a perda de massa fresca, observando-se os menores valores para as amostras armazenadas à 1°C.

Toivonen, Upadhyaya e Gaye (1993) afirmaram que 8% de perda de peso é o limite para comercialização de cenouras. A perda de massa máxima para as amostras estudadas neste trabalho foi de 0,42 %, sendo este resultado alcançado no 15º dia de armazenamento, para a amostra sem película a 10°C.

Assim, pode-se afirmar, que independente da temperatura de armazenamento, ou do tratamento utilizado, as cenouras minimamente processadas acondicionadas em embalagens de polietileno de baixa densidade avaliadas neste estudo, apresentaram resultados para este parâmetro que permitem sua comercialização. Isto porque estes valores ficaram bem abaixo do limite máximo de perda de massa fresca para a aceitação do produto, já que uma perda de massa excessiva pode alterar a aparência do mesmo, levando a sua rejeição pelo consumidor.

Pode-se verificar que a embalagem utilizada neste estudo, de polietileno de baixa densidade, mostrou ser boa barreira à perda de umidade. Esta característica é fundamental já que a perda de massa fresca, quando excessiva, pode resultar, não somente em perdas quantitativas, mas também comprometer a aparência, a textura e a qualidade nutricional dos produtos (KADER, 1992 apud SASAKI, 2005).

6.7.3 Textura

Os perfis da força máxima de perfuração (FMP) obtidos para as amostras de cenoura minimamente processada ao longo do período de armazenamento estão apresentados nas Figuras 15 e 16. O tratamento estatístico dos dados está apresentado na Tabela A3, no apêndice A.

Foram obtidos como resultados para a força máxima de perfuração no floema das cenouras valores que variaram de 13,82 N a 11,69 N e de 13,43 N a 11,51 N para as amostras, sem película e com película, mantidas a 1°C. Para as amostras a 5°C, variação de 13,47 N a 11,57 N para as sem película, e de 13,28 N a 11,34 N para as com película. A 10°C a firmeza foi de 12,64 N a 10,53 N e de 12,31 N a 10,78 N para amostras sem película e com película, respectivamente.

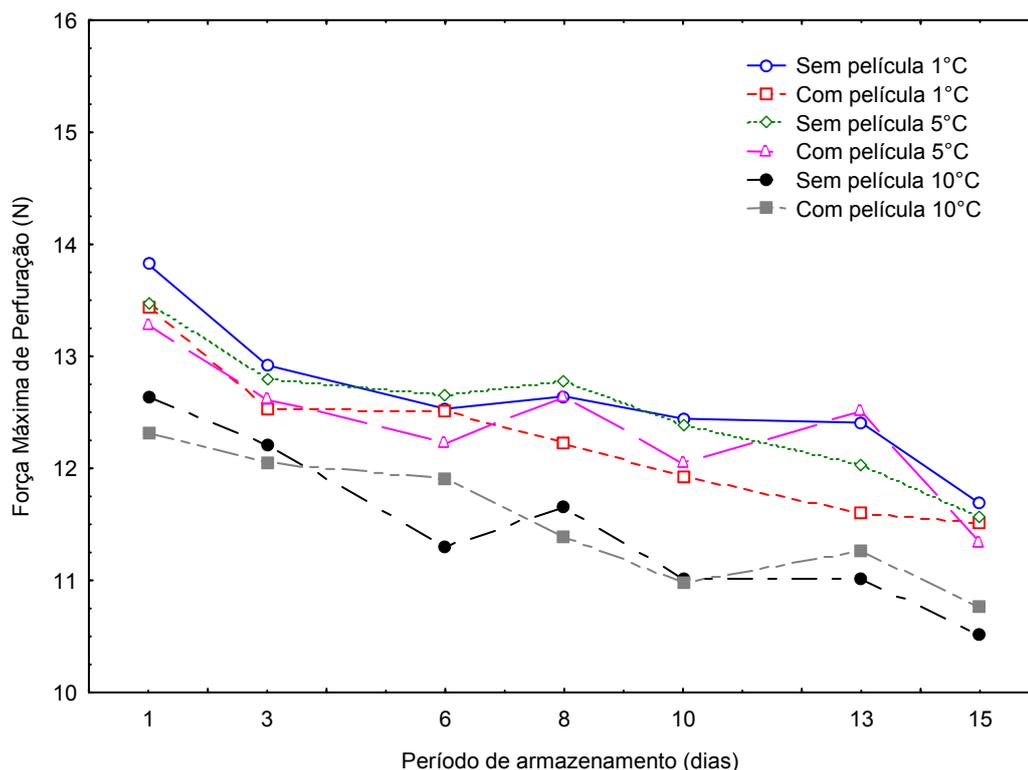


FIGURA 15: Média dos valores de força máxima de perfuração (N) para o floema de cenouras orgânicas minimamente processadas armazenadas a 1°C, 5°C e 10°C.

Já para o xilema foram obtidos os valores de 11,40 N a 10,63 N e de 11,73 N a 10,10 N para as amostras sem película e com película, respectivamente, armazenadas a 1°C. Valores de 11,65 N a 9,93 N e de 11,52 N a 9,69 N para amostras, sem película e com película, armazenadas a 5°C e de 11,35 N a 9,65 N e de 10,48 N a 8,92 N para as amostras, também sem película e com película, mantidas a 10°C.

Por meio da análise estatística pode-se verificar efeito significativo ($p \leq 0,05$) do período de armazenamento nos valores da força máxima de perfuração para o floema das amostras em todas as condições avaliadas. Para o xilema das amostras, ou seja, o miolo, não foi verificada redução significativa ($p \leq 0,05$) dos valores apenas para as amostras sem película armazenadas a 1°C. Apesar do efeito significativo ao longo do período de armazenamento, as amostras não apresentaram aparência 'amolecida'.

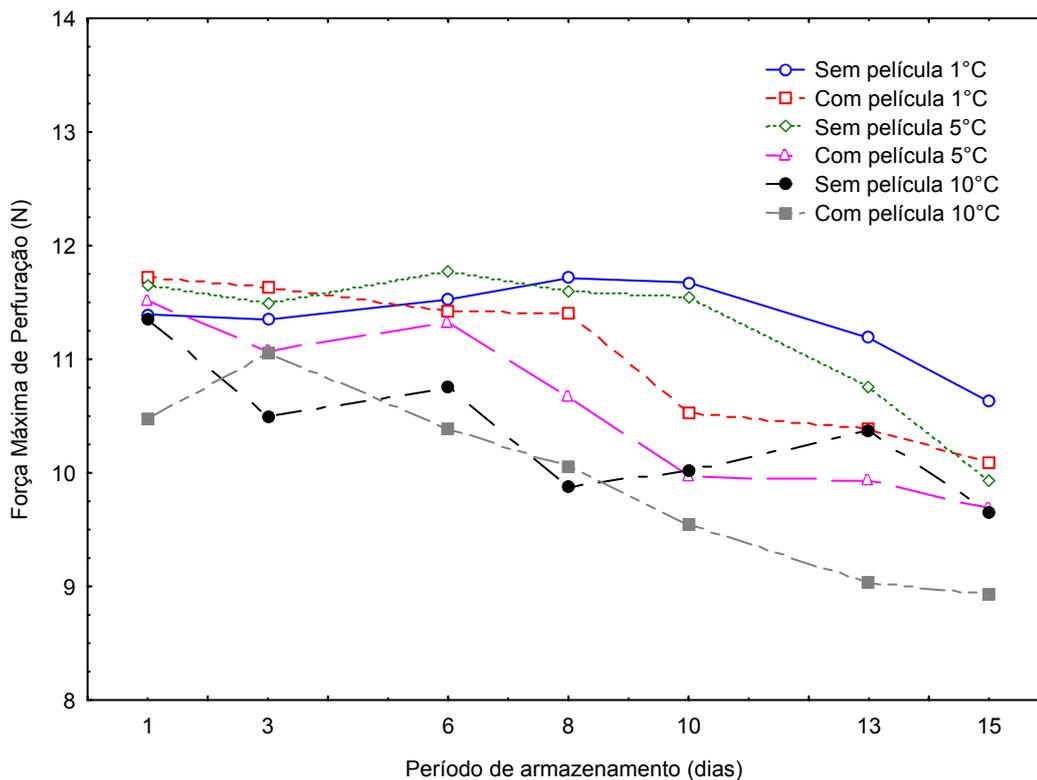


FIGURA 16: Média dos valores de força máxima de perfuração (N) para o xilema de cenouras orgânicas minimamente processadas armazenadas a 1°C, 5°C e 10°C.

Verificou-se, tanto para o floema quanto para o xilema das amostras, valores significativamente ($p \leq 0,05$) inferiores de força máxima de perfuração para amostras armazenadas a temperaturas superiores, a partir do 1º dia de armazenamento.

Não foi verificado efeito significativo ($p \leq 0,05$) da aplicação da película para amostras armazenadas a mesma temperatura, tanto para a força máxima de perfuração no floema quanto no xilema.

Assim, como a perda de massa fresca, a textura também é um parâmetro importante para expressar a qualidade das frutas e hortaliças por meio da firmeza dos tecidos. A força máxima de perfuração representa a resistência da camada externa do alimento à aplicação de uma força e permite avaliar o comportamento da textura do mesmo (PAES, 2005).

Lima et al. (2002) verificou no quarto dia de armazenamento aumento dos valores de textura para as amostras de cenoura minimamente processadas acondicionadas em embalagens com atmosferas modificadas de 5 % O₂/ 10 % CO₂

e 21 % O₂, sendo causado possivelmente por aumento da área superficial das frutas e hortaliças, podendo ser originado da desidratação e síntese enzimática de lignina. Comportamento diferente foi verificado neste trabalho. Apesar de algumas variações nos valores, para todas as condições avaliadas observou-se tendência de redução da força de perfuração, indicando, conseqüentemente, redução na textura dos produtos.

Segundo Cisneros-Zevallos et al. (1995 apud LIMA et al. 2002) a redução da textura pode ser justificada pelo descascamento e corte empregados no processamento, que causam danos e rupturas nos tecidos celulares, bem como podem dar início as reações enzimáticas, fermentação ácido-lática e alterações fisiológicas como aumento da taxa de respiração e produção de etileno.

A Figura 17 apresenta o perfil da força de relaxação, outro parâmetro utilizado neste estudo para avaliar a textura do produto ao longo do período de armazenamento.

Assim como a força máxima de perfuração, o perfil da força de relaxação também permite uma avaliação do comportamento da textura. O perfil da força de relaxação pode ser considerado como a força aplicada pela região interna do alimento sobre a sonda, depois que esta se estabilizou a 6,3 mm da superfície da amostra.

Por meio do gráfico, pode-se observar uma redução nos valores do perfil da força de relaxação ao longo do período de armazenamento, apresentando, conforme esperado, o mesmo comportamento da força máxima de perfuração, comprovando, dessa maneira a redução da textura do produto.

As Figuras A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10 e A11 (apêndice A) apresentam os perfis da força de relaxação para as amostras armazenadas a 1°C, 5°C e 10°C, sem película e com película, para o floema e o xilema. Todas as figuras apresentam perfis semelhantes, seguindo uma tendência de redução na força ao longo do período da análise.

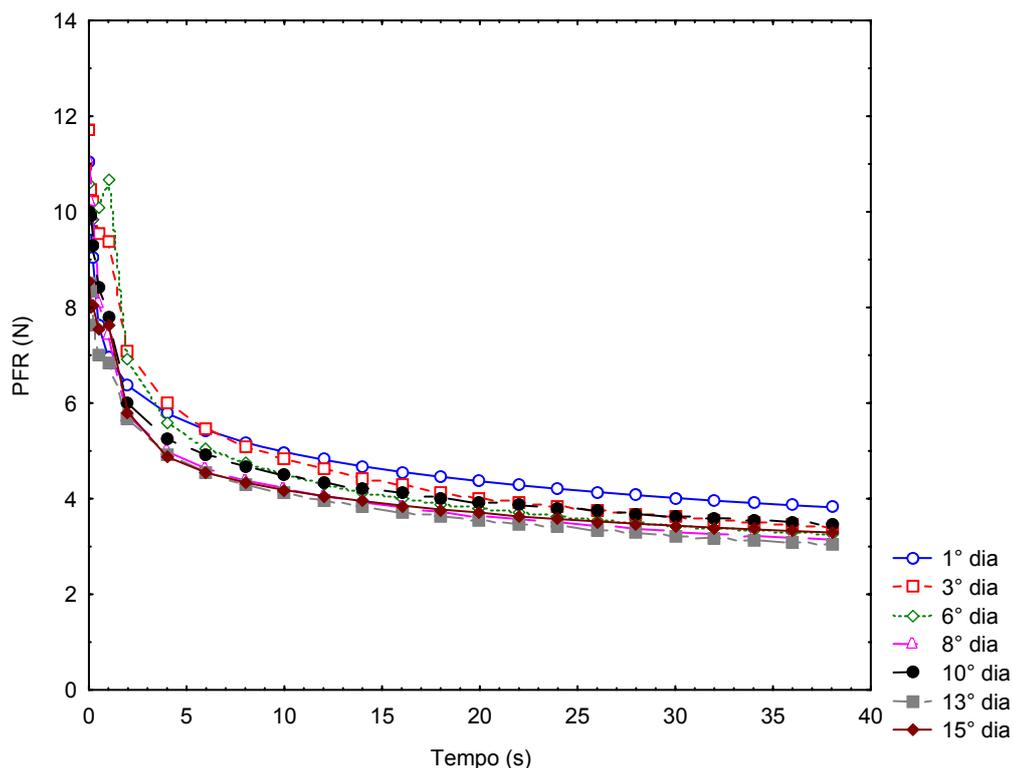


FIGURA 17: Perfil da força de relaxação (N) para o floema de cenouras orgânicas minimamente processadas, sem película, armazenadas a 1°C.

6.7.4 Acidez Total Titulável

Os valores de acidez total titulável apresentaram um decréscimo significativo ($p \leq 0,05$) ao longo do período de armazenamento para os dois tratamentos nas três temperaturas estudadas. À temperaturas superiores verificaram-se valores significativamente menores ($p \leq 0,05$) para os resultados de acidez. Esse comportamento pode ser associado ao fato de que quanto maior a temperatura, maior a taxa respiratória, podendo haver uma maior degradação dos ácidos orgânicos (Tabela 3).

Quando analisados somente o efeito do uso ou não de película, não se verificou influência significativa ($p \leq 0,05$) da mesma para as amostras armazenadas a mesma temperatura.

TABELA 3: Média dos valores de acidez total titulável (% de ácido málico) de cenouras orgânicas minimamente processadas armazenadas a 1°C, 5°C e 10°C.

Tratamento	Período de armazenamento (dias)						
	1	3	6	8	10	13	15
SP1°C	0,237 ^{aAC}	0,213 ^{aBC}	0,218 ^{aABC}	0,222 ^{aAB}	0,197 ^{abC}	0,202 ^{abBC}	0,206 ^{aBC}
CP1°C	0,214 ^{abA}	0,207 ^{aAB}	0,207 ^{aAB}	0,214 ^{aA}	0,191 ^{abB}	0,205 ^{aAB}	0,207 ^{aAB}
SP5°C	0,193 ^{bcAB}	0,209 ^{aA}	0,204 ^{aA}	0,203 ^{aA}	0,212 ^{aA}	0,174 ^{bB}	0,198 ^{aAB}
CP5°C	0,208 ^{abA}	0,210 ^{aA}	0,186 ^{abAB}	0,197 ^{aAB}	0,182 ^{abB}	0,189 ^{abAB}	0,194 ^{aAB}
SP10°C	0,141 ^{dAB}	0,139 ^{bAB}	0,180 ^{abA}	0,127 ^{bAB}	0,133 ^{cAB}	0,120 ^{cB}	0,137 ^{bAB}
CP10°C	0,165 ^{cdA}	0,145 ^{bAB}	0,148 ^{bAB}	0,129 ^{bAB}	0,109 ^{cB}	0,127 ^{cAB}	0,120 ^{bB}

Letras minúsculas iguais nas colunas e maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Carlin et al. (1990) verificaram um decréscimo da acidez em cenoura ralada, armazenada a 10°C, embalada em polipropileno sob atmosfera modificada passiva, com um teor inicial de ácido málico de 0,52 g / 100 g e após 10 dias 0,17 g / 100 g. Apesar de ter sido observado neste trabalho também comportamento de redução no teor de acidez total titulável ao longo do período de armazenamento, os valores iniciais de acidez são inferiores e o decréscimo não foi tão pronunciado. No entanto, esta diferença nos resultados pode ser atribuída às diferenças entre as matérias-primas, já que a variedade, solo, maturação, forma de cultivo, podem influenciar suas características.

6.7.5 pH

Verificou-se um aumento significativo ($p \leq 0,05$) nos valores de pH ao longo do período de armazenamento para todas as amostras avaliadas (Tabela 4). Este comportamento está de acordo com os resultados obtidos para acidez total titulável.

Também foram verificados valores significativamente superiores ($p \leq 0,05$) de pH com o aumento da temperatura de armazenamento, no 1º, 6º, 8º, 13º e 15º dias de armazenamento.

TABELA 4: Média dos valores de pH de cenouras orgânicas minimamente processadas armazenadas a 1°C, 5°C e 10°C.

Tratamento	Período de armazenamento (dias)						
	1	3	6	8	10	13	15
SP1°C	6,11aA	6,22aB	6,23abB	6,51aC	6,37aD	6,40aE	6,44aF
CP1°C	6,14aA	6,22aB	6,29aC	6,50aD	6,42aEF	6,41aF	6,43aE
SP5°C	6,20aAB	6,38aAB	6,16bA	6,40bB	6,34aAB	6,65bC	6,68bC
CP5°C	6,18aA	6,37aAB	6,18bA	6,45abBC	6,38aAB	6,57abBC	6,64bcC
SP10°C	6,38bA	6,41aA	6,67cAB	6,74cB	6,51aAB	6,53abAB	6,53acAB
CP10°C	6,38bA	6,45aAB	6,75cdC	6,74cBC	6,52aABC	6,51abABC	6,57bcABC

Letras minúsculas iguais nas colunas e maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Assim como já observado para outros parâmetros avaliados, os dois tratamentos testados, aplicação ou não de película, não exerceram influência significativa ($p \leq 0,05$) para as amostras armazenadas a mesma temperatura.

Os resultados obtidos foram semelhantes aos obtidos por PILON (2003), que observou, em cenouras minimamente processadas acondicionadas em embalagens de BOPP/PEBD e armazenadas a 1°C durante 21 dias, uma variação significativa ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos e o tempo de armazenamento para o pH, encontrando valores entre 6,1 a 6,7 durante todo o período, relacionando o fato as menores concentrações de ácidos orgânicos encontrados.

6.7.6 Sólidos Solúveis Totais

Pode-se observar, a partir dos resultados obtidos, redução significativa ($p \leq 0,05$) no teor de sólidos solúveis totais para as amostras armazenadas nas três diferentes temperaturas ao longo do período de armazenamento (Tabela 5).

O teor de sólidos solúveis totais também diminuiu significativamente ($p \leq 0,05$) com o aumento da temperatura de armazenamento. Essa redução pode ser atribuída ao fato de que com o aumento da temperatura, ocorre um aumento na taxa respiratória das cenouras, podendo ocorrer uma maior degradação dos sólidos solúveis.

TABELA 5: Média dos valores de sólidos solúveis totais (°Brix) de cenouras orgânicas minimamente processadas armazenadas a 1°C, 5°C e 10°C.

Tratamento	Período de armazenamento (dias)						
	1	3	6	8	10	13	15
SP1°C	7,37 ^{aA}	7,20 ^{aAB}	7,10 ^{aBC}	7,10 ^{abBC}	7,17 ^{aAB}	7,05 ^{aBC}	6,92 ^{aC}
CP1°C	7,37 ^{aA}	7,12 ^{aB}	7,00 ^{aB}	7,13 ^{aB}	7,08 ^{aB}	7,13 ^{aB}	7,10 ^{aB}
SP5°C	7,25 ^{aA}	7,08 ^{aAB}	6,97 ^{aBC}	6,90 ^{abBC}	6,90 ^{aAB}	6,85 ^{abBC}	6,75 ^{abC}
CP5°C	7,17 ^{aA}	6,93 ^{aB}	6,83 ^{aB}	6,93 ^{abB}	6,88 ^{abB}	6,93 ^{aB}	6,90 ^{aB}
SP10°C	6,85 ^{aA}	6,72 ^{aA}	6,82 ^{aA}	6,65 ^{bcA}	6,68 ^{abA}	6,32 ^{bcB}	6,47 ^{bB}
CP10°C	6,85 ^{aA}	6,82 ^{aA}	6,70 ^{aA}	6,40 ^{cB}	6,35 ^{bB}	6,17 ^{cC}	6,33 ^{bB}

Letras minúsculas iguais nas colunas e maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

A aplicação de película de gelatina não exerceu influência significativa ($p \leq 0,05$) sobre o teor de sólidos solúveis totais para aquelas amostras armazenadas sob mesma temperatura.

Lee, Park e Lee (1996) observaram para cenouras cortadas armazenadas sob atmosfera modificada e temperatura de 10 °C, uma redução no teor de sólidos solúveis totais de 8,8 °Brix para 8,4 °Brix após 9 dias de armazenamento. Apesar de terem sido obtidos valores superiores aos observados neste trabalho, o comportamento foi semelhante.

6.7.7 Açúcares Redutores Totais

Verificou-se uma redução significativa ($p \leq 0,05$) no teor de açúcares redutores totais ao longo do período de armazenamento para as amostras armazenadas a 5°C, sem película e com película, e a 10°C sem película (Tabela 6).

Quando foi avaliado o efeito da temperatura, verificou-se diferença significativa ($p \leq 0,05$) no teor de açúcares redutores para as amostras armazenadas nas três diferentes temperaturas já a partir do 1º dia de armazenamento. Foram observados valores significativamente maiores ($p \leq 0,05$) quanto mais altas as temperaturas de armazenamento.

TABELA 6: Média dos valores de açúcares redutores (mg / mL) de cenoura orgânica minimamente processada armazenadas a 1°C, 5°C e 10°C.

Tratamento	Período de armazenamento (dias)						
	1	3	6	8	10	13	15
SP1°C	21,77aA	20,53aA	22,13aA	21,66aA	22,08aA	20,69aA	20,35aA
CP1°C	22,22aA	21,86abA	22,60aA	21,34aA	21,33aA	19,53aA	20,52aA
SP5°C	27,67bA	26,81cAB	23,75aCD	22,70aD	23,46aCD	25,15bBC	25,76bABC
CP5°C	24,88bAB	25,43bcAB	24,28aAB	24,99aAB	24,21aA	25,92bBC	27,49bcC
SP10°C	33,57cA	32,84dAB	32,10bAB	32,00bAB	32,14bAB	31,88cB	31,73dB
CP10°C	31,15cA	30,98dA	30,42bA	29,78bA	29,84bA	29,01bcA	30,84cdA

Letras minúsculas iguais nas colunas e maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Também se verificou que os tratamentos não exerceram influência significativa ($p \leq 0,05$) no teor de açúcares redutores totais para aquelas amostras armazenadas sob mesma temperatura.

Lavelli et al (2006), verificou redução na concentração de açúcares de cenouras em tiras embaladas em embalagens de PP ao longo de 9 dias de estocagem a 4°C e 10°C, sendo esta redução menor nos 3 primeiros dias de estocagem.

Bolin e Huxsoll (1991 apud MAISTRO, 2001) não verificaram mudanças significativas no conteúdo de açúcares redutores durante a estocagem de hortaliças pré-preparados, sendo verificado neste trabalho este comportamento nas amostras armazenadas a 1°C.

6.7.8 Carotenóides Totais

Os perfis dos resultados obtidos para os teores de carotenóides totais, expressos em mg / 100g, ao longo do período de armazenamento para as cenouras orgânicas minimamente processadas, sem película e com película, armazenadas a diferentes temperaturas estão apresentados nas Figuras 18 e 19, para o floema e xilema, respectivamente. O tratamento estatístico dos dados está apresentado na Tabela A4, no apêndice A.

O conteúdo de carotenóides das cenouras estudadas neste trabalho foi obtido para o floema e xilema e são apresentados separadamente.

Observou-se redução significativa ($p \leq 0,05$) nos valores encontrados para os carotenóides totais ao longo do período de armazenamento, em ambos os tratamentos, amostras sem película e com película, para as três temperaturas utilizadas neste estudo, para o floema das amostras.

Também foi verificada uma variação significativa ($p \leq 0,05$) para os resultados obtidos nas três diferentes temperaturas, sendo observado que quanto maior a temperatura de armazenamento utilizada, maior a degradação dos pigmentos. Essa degradação pode ser devida, principalmente, as reações de oxidação que podem ocorrer espontaneamente quando os carotenos se combinam com o oxigênio do ar, com exposição à luz, umidade relativa, presenças de enzimas oxidativas, sendo agravadas pelo aumento da taxa metabólica do produto (LIMA et al., 2004).

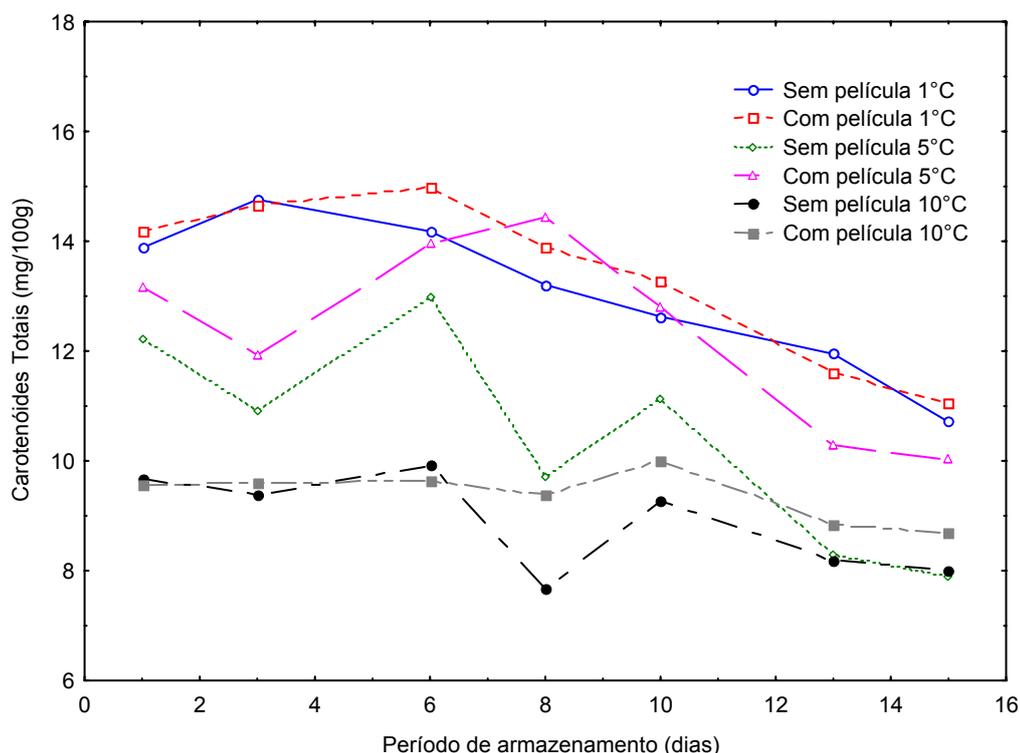


FIGURA 18: Perfil dos valores de carotenóides totais (mg / 100 g) para o floema de cenouras orgânicas minimamente processadas armazenadas a 1°C, 5°C e 10°C.

Em relação à influência dos tratamentos utilizados, aplicação ou não de película à base de gelatina, verificou-se que os mesmos não exerceram influência significativa ($p \leq 0,05$) no teor de carotenóides do floema das amostras armazenadas a mesma temperatura, a 1°C e 10°C. No entanto, observou-se efeito significativo da aplicação da película para as amostras armazenadas a 5°C, no 8º e 13º dias de armazenamento.

No que se refere ao teor de carotenóides obtidos para o floema das amostras no início do armazenamento, verifica-se que estes foram próximos aos obtidos por Sun e Temelli (2006) para cenouras frescas, 15,02 mg / 100 g.

Lima et al. (2004) obtiveram para cenouras minimamente processadas armazenadas em embalagens plásticas de composição bi-laminar de PEBD e BOPP a 1°C, por um período de 20 dias, valores de carotenóides totais, variando de 2,96 a 3,95 mg / 100 g e 3,06 a 3,90 mg / 100 g para amostras sob atmosfera de 5 % O₂ / 10 % CO₂ e 21 % O₂, respectivamente. No entanto, deve-se levar em consideração, que o teor de carotenóides pode ser influenciado pela variedade da cenoura, forma de cultivo, composição do solo, entre outros fatores. Além disso, as condições de armazenamento do produto podem levar a perdas diferenciadas. Outro fator importante a ser salientado, é que o autor não especifica se os resultados obtidos se referem ao floema, ao xilema ou a uma média entre estes valores.

Resultados superiores aos encontrados neste estudo foram observados por Alasalvar et al. (2005), que encontraram um teor inicial de $19,05 \pm 0,5$ mg / 100 g de carotenóides totais em cenouras cortadas em tiras (2 mm x 2 cm), estocadas em embalagens de PEBD e armazenadas sob temperatura de 5°C, sob atmosfera modificada ativa e atmosfera controlada em diferentes composições, verificando-se, no entanto, também tendência a decréscimo no teor dos mesmos ao longo do tempo em todas as situações.

Lavelli et al (2006) não observaram variação significativa na concentração de carotenóides de cenouras em tiras embaladas em bandejas de polipropileno cobertas com filme de cloreto polivinílico (PVC) estocadas a 10°C. Para as cenouras armazenadas a 4°C verificaram um pequeno acréscimo no conteúdo de carotenóides (α e β) nos três primeiros dias, seguido de um decréscimo até o 10º dia

de estocagem. Os autores atribuíram este aumento inicial a uma síntese de carotenóides como resposta aos fatores de 'stress' pós-colheita. Consideram também o resultado particularmente interessante devido ao fato de a cenoura ser uma importante fonte precursora de vitamina A. No entanto, salientam que alguns autores observaram um decréscimo no conteúdo de carotenóides em cenouras minimamente processadas armazenadas a 1°C e 2°C.

Analisando a Figura 18, pode-se verificar comportamento semelhante ao descrito por Lavelli et al. (2006) para o teor de carotenóides totais no floema do produto, onde se observa tendência de aumento nos valores no período inicial de armazenamento, seguido de decréscimo até o 15º dia.

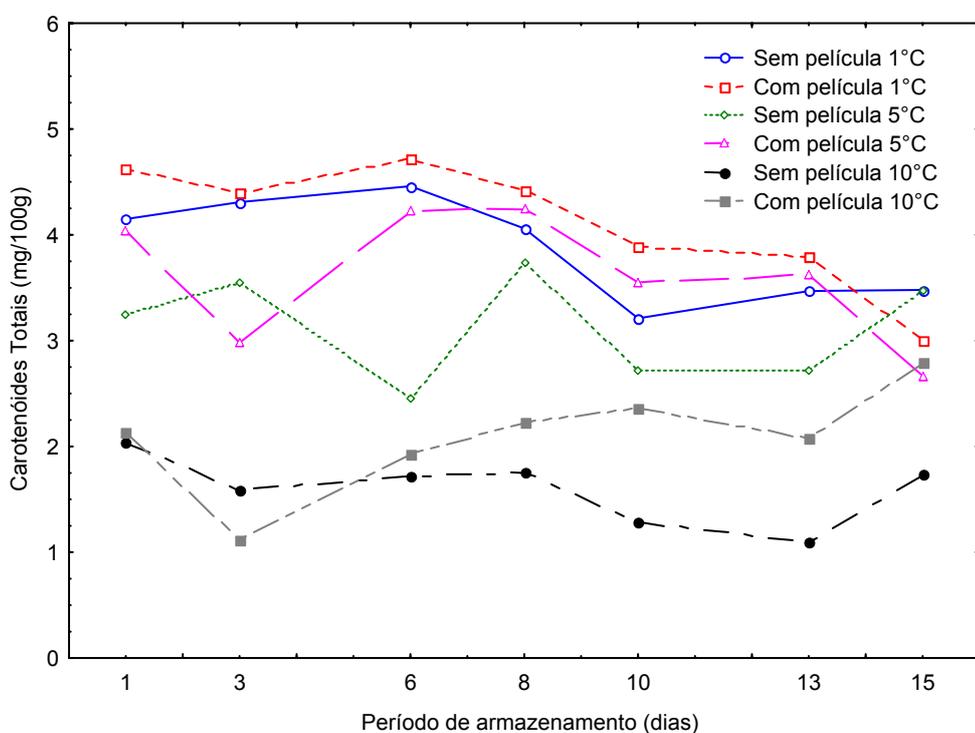


FIGURA 19: Perfil dos valores de carotenóides totais (mg / 100 g) para o xilema de cenouras orgânicas minimamente processadas armazenadas a 1°C, 5°C e 10°C.

Para o xilema foram obtidos valores inferiores para os teores de carotenóides se comparados aos observados no floema. Além disso, verifica-se uma oscilação dos valores, não sendo observada sempre uma tendência de redução, devido principalmente a características da própria matéria-prima, que apresenta variação na coloração do xilema.

Verificou-se uma variação significativa ($p \leq 0,05$) para os resultados obtidos nas três diferentes temperaturas, sendo observado que quanto maior a temperatura de armazenamento utilizada, menor os valores obtidos.

Foi observado efeito significativo ($p \leq 0,05$) dos tratamentos as amostras armazenadas a 5°C, no 6º dia de armazenamento e para as amostras armazenadas a 10°C, no 10º e 15º dias de armazenamento.

6.7.9 Cor

Os resultados obtidos para os parâmetros L^* , a^* , b^* para o floema das cenouras orgânicas minimamente processadas estão apresentados na Tabela 7. Os resultados obtidos para o xilema estão apresentados na Tabela A5, no apêndice A.

A análise estatística mostrou que não houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) para o parâmetro L^* ao longo do período de armazenamento, para as diferentes temperaturas e aplicação da película de gelatina em todas as amostras analisadas.

A análise estatística mostrou variação significativa ($p \leq 0,05$) para o parâmetro a^* ao longo do período de armazenamento apenas para as amostras armazenadas a 1°C. Foi verificada uma oscilação nos valores que representam a coloração vermelha do produto. Essa variação pode ser atribuída a variações da própria matéria-prima, que não foram eliminadas na etapa de seleção.

O efeito da temperatura foi significativo ($p \leq 0,05$) a partir do 3º dia de armazenamento, apresentando valores inferiores com o aumento da temperatura.

Em relação aos tratamentos, observou-se que estes não apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$) sobre as amostras armazenadas a mesma temperatura.

O parâmetro b^* diminuiu ao longo do período de armazenamento, para as amostras armazenadas a 1°C, sem película e com película e para a 10°C, sem película.

O efeito da temperatura foi significativo ($p \leq 0,05$) a partir do 3º dia de armazenamento. E o efeito da aplicação de película, foi significativo ($p \leq 0,05$) para as

amostras a 1°C, no 3°, 8°, 10°, 13° e 15° dias de armazenamento. A 5°C, no 8°, 10° e 15° dias de armazenamento. E a 10°C o efeito foi significativo ($p \leq 0,05$) no 8°, 13° e 15° dia. Sendo observados valores superiores para as amostras com película, o que possivelmente contribuiu para a minimização da perda da coloração do produto.

TABELA 7: Médias dos valores dos parâmetros L*, a*, b* para o floema de cenouras orgânicas minimamente processadas armazenadas a 1°C, 5°C e 10°C.

Tratamento	Período de armazenamento (dias)						
	1	3	6	8	10	13	15
L*							
SP1°C	58,07 _{aA}	60,03 _{aA}	61,06 _{aA}	59,00 _{aA}	61,13 _{aA}	59,5 _{aA}	60,10 _{aA}
CP1°C	59,73 _{aA}	58,73 _{aA}	58,05 _{aA}	58,41 _{aA}	57,63 _{aA}	57,65 _{aA}	59,66 _{aA}
SP5°C	59,03 _{aA}	60,07 _{aA}	58,71 _{aA}	60,28 _{aA}	57,81 _{aA}	60,88 _{aA}	59,24 _{aA}
CP5°C	61,02 _{aA}	59,38 _{aA}	58,75 _{aA}	58,84 _{aA}	57,71 _{aA}	57,23 _{aA}	57,28 _{aA}
SP10°C	58,28 _{aA}	59,92 _{aA}	58,88 _{aA}	58,40 _{aA}	59,11 _{aA}	59,40 _{aA}	58,65 _{aA}
CP10°C	57,05 _{aA}	57,97 _{aA}	57,78 _{aA}	57,83 _{aA}	57,37 _{aA}	57,74 _{aA}	57,87 _{aA}
a*							
SP1°C	29,87 _{aAB}	28,42 _{abC}	29,74 _{aAB}	28,15 _{abC}	29,12 _{abABC}	30,64 _{aB}	28,77 _{abAC}
CP1°C	30,44 _{aAB}	31,14 _{aAB}	29,34 _{abB}	30,06 _{aAB}	31,44 _{aA}	30,88 _{aAB}	30,92 _{aAB}
SP5°C	27,95 _{aA}	27,59 _{bA}	28,43 _{abA}	28,41 _{abA}	28,4 _{bA}	26,78 _{bA}	27,34 _{bA}
CP5°C	29,03 _{aA}	28,84 _{abA}	29,68 _{abA}	29,56 _{abA}	27,93 _{bA}	28,56 _{abA}	28,64 _{abA}
SP10°C	28,42 _{aA}	27,65 _{bA}	26,52 _{bA}	26,89 _{bA}	27,63 _{bA}	26,98 _{bA}	26,71 _{bA}
CP10°C	29,6 _{aA}	28,19 _{abA}	28,16 _{abA}	28,64 _{abA}	28,68 _{abA}	27,65 _{abA}	28,19 _{abA}
b*							
SP1°C	45,93 _{aAB}	44,41 _{aABC}	45,66 _{aAB}	40,86 _{abC}	42,33 _{aBC}	41,87 _{aA}	41,92 _{acBC}
CP1°C	49,92 _{aA}	50,30 _{bC}	48,2 _{aBC}	46,92 _{cAB}	48,19 _{bBC}	47,9 _{bBC}	47,24 _{bBC}
SP5°C	46,90 _{aA}	44,95 _{aA}	46,64 _{aA}	43,55 _{aA}	42,12 _{aA}	43,66 _{acA}	42,13 _{acA}
CP5°C	47,95 _{aA}	48,19 _{abA}	47,05 _{aA}	45,90 _{cA}	47,86 _{bA}	47,64 _{bcA}	46,86 _{bA}
SP10°C	44,98 _{aA}	44,58 _{aA}	41,26 _{bAB}	39,64 _{bB}	41,99 _{aAB}	40,65 _{aAB}	40,24 _{aAB}
CP10°C	47,61 _{aA}	46,16 _{abA}	45,14 _{abA}	45,52 _{acA}	45,82 _{abA}	46,66 _{bcA}	44,64 _{bcA}

Letras minúsculas iguais nas colunas e maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Os resultados observados para o parâmetro b* mostraram redução da cor amarela com o tempo de armazenamento, o que indica redução na coloração

característica da cenoura. Essa diminuição de cor encontra-se provavelmente associada à tendência de oxidação dos carotenóides totais, concordando com a redução no teor destes, uma vez que a estrutura responsável pela estabilidade é destruída durante a manipulação, o processamento e o armazenamento.

Os resultados obtidos para os parâmetros C e h para o floema das cenouras orgânicas minimamente processadas estão apresentados na Tabela 8. Os resultados obtidos para o xilema estão apresentados na Tabela A6, no apêndice A.

TABELA 8: Médias dos valores dos parâmetros cromaticidade e ângulo hue para o floema de cenouras orgânicas minimamente processadas armazenadas a 1°C, 5°C e 10°C.

Tratamento	Período de armazenamento (dias)						
	1	3	6	8	10	13	15
Cromaticidade							
SP1°C	54,81 ^a AB	52,52 ^a AC	54,51 ^a AB	48,37 ^{ab} C	51,39 ^{ab} AC	54,56 ^{ab} B	52,4 ^{ab} AC
CP1°C	57,26 ^a A	59,16 ^b B	56,44 ^a B	55,75 ^c AB	57,55 ^c B	57,00 ^a B	56,96 ^a B
SP5°C	54,35 ^a A	52,75 ^a A	54,63 ^a A	53,69 ^a CA	54,18 ^{abc} A	51,23 ^{bc} A	50,67 ^b A
CP5°C	56,05 ^a A	56,19 ^{ab} A	57,08 ^a A	57,15 ^c A	55,43 ^{bc} A	55,56 ^{ab} A	55,79 ^a A
SP10°C	53,16 ^a A	52,49 ^a A	49,09 ^b A	47,91 ^b A	50,29 ^a A	48,77 ^c A	51,94 ^{ab} A
CP10°C	55,82 ^a A	54,28 ^{ab} A	53,21 ^{ab} A	53,78 ^a CA	54,08 ^{abc} A	54,28 ^{ab} A	52,81 ^{ab} A
Ângulo hue							
SP1°C	57,92 ^a AB	58,31 ^a A	57,30 ^a ABC	57,59 ^a AB	56,41 ^a C	58,04 ^{ab} AB	57,11 ^a BC
CP1°C	59,60 ^{ab} AB	58,65 ^a A	58,68 ^a A	57,76 ^a ABC	57,46 ^{ab} C	57,64 ^{ab} ABC	57,52 ^{ab} BC
SP5°C	58,94 ^{ab} A	58,43 ^a A	58,53 ^a A	58,00 ^a A	58,30 ^{bc} A	58,51 ^a A	57,34 ^{ab} A
CP5°C	59,51 ^b A	59,17 ^a A	58,66 ^a A	58,84 ^a A	59,86 ^c A	59,12 ^a A	59,10 ^b A
SP10°C	57,80 ^a A	58,15 ^a A	57,50 ^a A	56,90 ^a A	56,68 ^{ab} A	56,42 ^{ab} A	56,88 ^a A
CP10°C	58,01 ^a A	58,38 ^a A	58,05 ^a A	57,85 ^a A	57,98 ^{ab} A	59,44 ^a A	57,75 ^{ab} A

Letras minúsculas iguais nas colunas e maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Para a cromaticidade foi observada variação significativa ($p \leq 0,05$) ao longo do período de armazenamento para as amostras sem película e com película armazenadas a 1°C. No que se refere ao efeito da temperatura, este foi significativo a partir do 3º dia de armazenamento.

Verificou-se efeito significativo ($p \leq 0,05$) para o tratamento, aplicação ou não de película, para aquelas amostras armazenadas a 1°C no 3º, 8º e 10º dia, a 5°C apenas no 15º dia e a 10°C no 8º e 13º dia de armazenamento, sendo verificados valores superiores para as amostras com película.

O efeito foi significativo ($p \leq 0,05$) para o ângulo hue ao longo do período de armazenamento para aquelas amostras armazenadas a 1°C, sem película e com película. E, influência não significativa ($p \leq 0,05$) dos tratamentos utilizados.

O efeito das diferentes temperaturas de armazenamento sobre o parâmetro h foi significativo ($p \leq 0,05$) no 1º, 10º, 13º e 15º dia de armazenamento.

6.7.10 Esbranquiçamento

As cenouras apresentaram um processo de esbranquiçamento na superfície, que pode ser quantificado por meio do índice IE. Os resultados obtidos para IE (whitness index) para o floema das amostras, para os diferentes tratamentos ao longo do período de armazenamento estão apresentados na Figura 20. O tratamento estatístico dos dados está apresentado na Tabela A7, no apêndice A.

Foram obtidos como resultados para o IE na superfície das cenouras valores que variaram de 29,78 a 32,67 e de 29,61 a 29,79 para as amostras, sem película e com película, mantidas a 1°C. Para as amostras a 5°C, variação de 31,97 a 35,05 para as sem película, e de 29,43 a 31,81 para as com película, e valores de 32,30 a 34,30 e de 29,22 a 32,38 para amostras sem película e com película, respectivamente, armazenadas a 10°C.

Conforme os resultados, apesar da tendência de aumento apresentada no perfil da Figura 20, não se observou um aumento significativo ($p \leq 0,05$) nos valores encontrados para o índice no floema das amostras, sem película e com película, armazenadas nas três temperaturas ao longo do período de armazenamento.

O efeito da temperatura foi significativo ($p \leq 0,05$) sobre o IE a partir do 3º dia de armazenamento. Já a película exerceu influência significativa naquelas amostras armazenadas a 1°C no 10º dia. A 5°C, no 3º, 8º e 13º dias de armazenamento e no

6°, 8°, 10° e 13° dias para as amostras a 10°C. Sendo observados valores superiores para as amostras sem película.

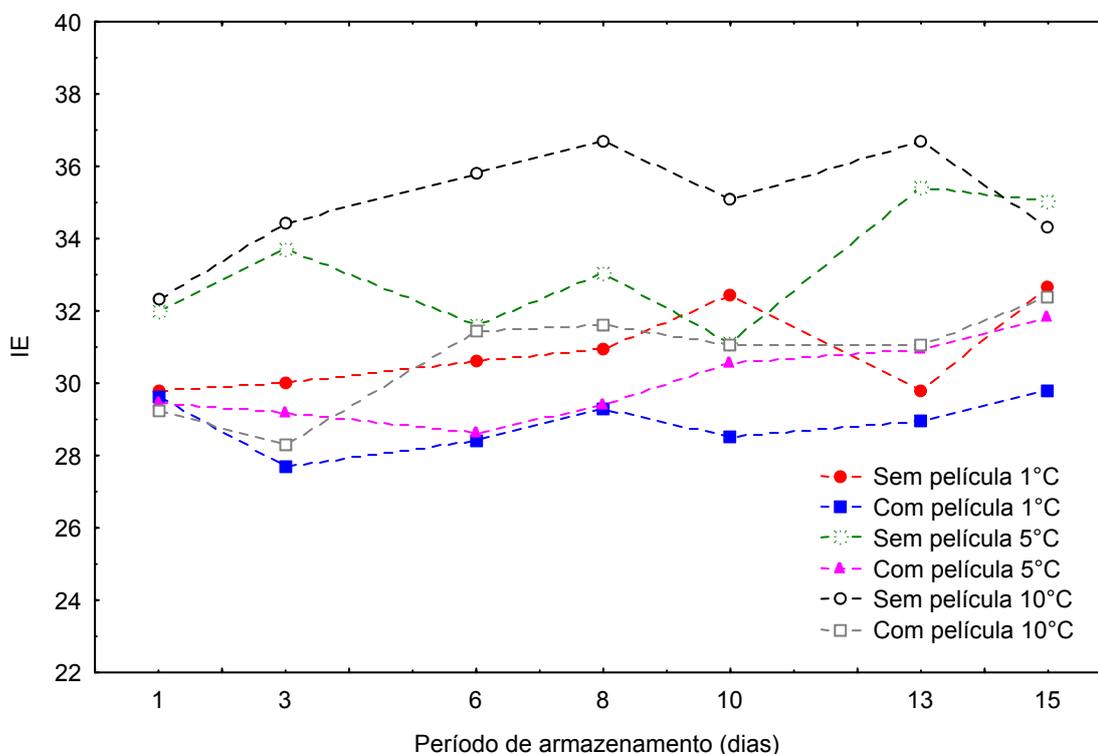


FIGURA 20: Perfil dos valores de IE para o floema de cenouras orgânicas minimamente processadas armazenadas a 1°C, 5°C e 10°C.

Segundo Vitti et al. (2003), o tecido esbranquiçado que se forma na superfície de cenouras minimamente processadas, denominado “white blush” por alguns pesquisadores, torna o produto com aparência envelhecida e não atraente. Fato semelhante ocorre com a beterraba minimamente processada. Enquanto para alguns grupos de pesquisadores o esbranquiçamento é resultado da desidratação das células superficiais, devido aos danos causados pelo processamento, para outros é devido à formação de lignina na superfície dos cortes. Para um terceiro grupo, o esbranquiçamento é causado pela combinação dos dois processos, a desidratação e a formação de lignina. A desidratação se reflete em uma mudança de cor reversível que é tanto mais acentuada quanto maior for a perda de água, enquanto a ativação de metabolismo fenólico e a produção de lignina, resultam em uma mudança de cor irreversível.

Howard e Dewi (1995), observaram para mini-cenouras armazenadas a 2°C e embaladas em filme de polietileno, valores de IE de 43,6 após 4 semanas de estocagem. Valores semelhantes a este foram observados neste estudo em tempo inferior. No entanto, deve-se levar em consideração as possíveis diferenças existentes entre as matérias-primas, no que se refere principalmente, neste caso, a forma de apresentação do produto, estando a cenoura minimamente processada em pedaços, mais susceptível ao esbranquiçamento do que as mini-cenouras.

6.8 Análise Sensorial

Os resultados revelaram que o período de armazenamento influenciou significativamente ($p \leq 0,05$) a aparência das amostras armazenadas a 5 °C e 10 °C, apresentando uma redução na aceitação com o decorrer do tempo. Entretanto, este comportamento não foi observado para cenoura minimamente processada com película armazenada a 1°C (Tabela 9).

TABELA 9: Médias dos resultados obtidos para os testes de Aceitação e Intenção de Compra das cenouras minimamente processadas armazenadas a 1°C, 5°C e 10°C.

Tratamento	Período de armazenamento (dias)			
	1	6	10	15
	Aceitação			
SP1°C	7,17aA	5,77abB	5,73abB	6,00abB
CP1°C	7,13aA	6,80cA	6,83cA	6,90aA
SP5°C	5,20bA	4,97adA	4,67adA	4,53cdAB
CP5°C	6,70aA	6,23bcAB	6,03bcAB	5,67bcB
SP10°C	5,17bA	4,67dAB	4,5dAB	3,9dB
CP10°C	6,73aA	6,27bcAB	6,10bcAB	5,83abB
	Intenção de compra			
SP1°C	2,63abA	2,77abA	2,63abA	2,67abA
CP1°C	2,00cA	2,03cA	2,13aA	2,10aA
SP5°C	3,00adA	3,13aA	3,33bcA	3,30bcA
CP5°C	2,27bcA	2,40bcA	2,23aA	2,40aA
SP10°C	3,33dAB	2,97aA	3,60cB	3,43cAB
CP10°C	2,13bcA	2,37bcA	2,27aA	2,53aA

Letras minúsculas iguais nas colunas e maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Além disso, verificou-se que os tratamentos (com película e sem película) tiveram efeito significativo ($p \leq 0,05$) sobre as amostras armazenadas à mesma temperatura. Essa diferença foi observada para as amostras armazenadas a 1°C no 6º e 10º dia, enquanto que para as amostras armazenadas a 5°C e 10°C, essa variação já foi verificada a partir do 1º dia de armazenamento.

Também foi observada variação significativa ($p \leq 0,05$) entre a aceitação das amostras armazenadas a diferentes temperaturas em relação a aparência, sendo verificada diminuição da aceitação com o aumento da temperatura. Ou seja, as melhores notas foram atribuídas à aparência das amostras armazenadas a 1°C, destacando-se a com película. A aceitação das amostras armazenadas a 5°C e 10°C com aplicação de película foi significativamente superior ($p \leq 0,05$) a aceitação das amostras sem película armazenadas na mesma temperatura.

As notas de aceitação no final do armazenamento (15 dias) para as amostras armazenadas a 1°C sem película e com película e para as amostras com película armazenadas a 5 °C e 10 °C foram maiores do que 5, ou seja, acima do limite mínimo estabelecido para a aceitação. Já para as amostras sem película armazenadas à 5°C e 10 °C foram observadas notas inferiores ao limite de aceitação a partir do 6º dia.

A partir dos resultados obtidos para a intenção de compra verificou-se, que apesar da tendência de redução das notas ao longo do período de armazenamento, esta foi significativa ($p \leq 0,05$) apenas para as amostras sem película armazenadas a 10°C.

Além disso, verificaram-se notas para intenção de compra significativamente inferiores ($p \leq 0,05$) para àquelas amostras armazenadas a temperaturas superiores. Todas as amostras com película tiveram aceitação significativamente ($p \leq 0,05$) superior que as sem película armazenadas à mesma temperatura.

Para as amostras armazenadas a 1°C, as notas variaram de 2,63 a 2,67 (entre compraria e talvez comprasse/talvez não comprasse) para as sem película e

de 2 a 2,13 para as com película (compraria e talvez comprasse/talvez não comprasse).

Já para as amostras armazenadas a 5°C, foram atribuídas notas que variaram de 3,00 a 3,33 (talvez comprasse/talvez não comprasse), para aquelas sem película e de 2,27 a 2,40 (compraria) para aquelas com película. Para as amostras armazenadas a 10°C, sem película e com película, as notas variaram de 2,97 (entre compraria e talvez comprasse/talvez não comprasse) a 3,60 (entre talvez comprasse/talvez não comprasse e não compraria) e de 2,13 (compraria) a 2,53 (entre compraria e talvez comprasse/talvez não comprasse), respectivamente. Sendo importante salientar que apenas as amostras sem película armazenadas a 5°C e a 10°C, obtiveram notas acima do limite máximo estabelecido, que foi a nota 3.

Comparando-se os resultados com os obtidos para a análise de cor, verifica-se que as amostras que receberam melhores notas, foram também aquelas que obtiveram os melhores resultados na análise de cor. Na verdade, a aparência é o atributo que mais causa impacto na escolha por parte do consumidor e dentro desta, a cor é a característica mais relevante. Isto porque a cor caracteriza sobremaneira o produto, constituindo-se no critério para sua aceitação ou rejeição. A aparência geral e a cor estão relacionadas com a qualidade, índice de maturação e deterioração do produto. O consumidor espera uma determinada cor para cada alimento e qualquer alteração nesta, pode diminuir sua aceitabilidade (DELLA-MODESTA, 1994; DELIZA, 2000 apud RESENDE et al. 2004).

O uso de baixas temperaturas de armazenamento para os produtos minimamente processados reduz a degradação da coloração dos tecidos de frutas e hortaliças lesionadas (WILEY, 1997). Isto pode ser comprovado, quando se observa que tanto para a aceitação quanto para a intenção de compra, as melhores notas foram atribuídas para àquelas amostras armazenadas a 1°C.

6.9 Análise Microbiológica

Os resultados obtidos para a contagem de coliformes totais e psicrotróficos, no 1º e 15º dia de armazenamento, expresso em NMP / g e UFC / g, respectivamente estão apresentados na Tabela 10.

O comportamento verificado foi de aumento na contagem ao longo do período de armazenamento e contagens também superiores para as temperaturas maiores, o que era esperado. Resultado semelhante foi obtido por PILON (2003), que observou para cenouras minimamente processadas acondicionadas em embalagens de polipropileno biorientado/polietileno de baixa densidade e armazenadas a 1°C durante 21 dias, contagem de psicrotróficos variando de 10^2 UFC / g a 10^5 UFC / g.

Tabela 10: Contagem de Coliformes totais (NMP/g) e de Psicrotróficos (UFC/g) para cenouras minimamente processadas armazenadas a 1°C, 5°C e 10°C.

		Coliformes totais (NMP/g)			Psicrotróficos (UFC/g)		
		1°C	5°C	10°C	1°C	5°C	10°C
Sem película	1º dia	$2,3 \times 10^1$	9	9	$9,9 \times 10^3$	$1,7 \times 10^4$	$1,3 \times 10^4$
	15º dia	9	$>1,1 \times 10^3$	$>1,1 \times 10^3$	$3,9 \times 10^5$	$4,9 \times 10^5$	$4,7 \times 10^5$
Com película	1º dia	4	$9,3 \times 10^1$	4	$5,1 \times 10^3$	$1,4 \times 10^4$	$3,3 \times 10^5$
	15º dia	<3	$>1,1 \times 10^3$	9	$3,2 \times 10^5$	$4,9 \times 10^5$	$2,1 \times 10^4$

Bittencourt (2000 apud SILVA et al., 2004) obteve para couve minimamente processada armazenada em embalagem de poliolefina multicamada a 1°C, 5°C e 10°C valores iniciais de contagem de psicrotróficos superiores aos observados neste estudo. A microbiota inicial de aproximadamente 3×10^5 UFC / g aumentou significativamente até o final do período de estocagem que foi de 20 dias.

Já para coliformes totais, a contagem variou de $2,3 \times 10^1$ NMP/g a 9 NMP/g e de 4 NMP/g a <3 NMP/g para amostras sem película e com película, respectivamente, armazenadas a 1°C, de 9 NMP/g a $>1,1 \times 10^3$ NMP / g e $9,3 \times 10^1$ NMP/g a $>1,1 \times 10^3$ NMP / g para amostras sem película e com película a 5°C e de 9 NMP/g a $1,1 \times 10^3$ NMP / g e 4 a 9 NMP / g para amostras sem película e com película a 10°C.

Lavelli et al. (2006), verificou em cenouras em tiras embaladas em bandejas de polipropileno cobertas com filme de cloreto polivinílico estocadas a 4°C, contaminação por coliformes totais bastante superiores as observadas neste trabalho. O autor encontrou após 10 dias de estocagem contagens superiores a 5×10^6 UFC/g de amostra. Para estas mesmas cenouras estocadas a 10°C este nível de contaminação foi atingido após 3 dias de estocagem.

7 CONCLUSÃO

Os experimentos realizados a 1°C, 5°C e 10°C mostraram que:

- Os resultados obtidos para a taxa respiratória apresentaram bom ajuste ao modelo proposto, baseado na cinética enzimática de Michaelis-Mentem.

- As cenouras orgânicas minimamente processadas armazenadas a 1°C apresentaram taxa respiratória significativamente inferior aquelas armazenadas a 5°C e 10°C, o que indica redução da atividade metabólica, quando comparada as demais amostras avaliadas.

- A aplicação de película não exerceu influência sobre a taxa respiratória das cenouras minimamente processadas.

- A utilização combinada de baixa temperatura, 1°C, e atmosfera modificada passiva contendo aproximadamente 5 % O₂ e 8 % CO₂ tendem a retardar a senescência de cenouras, pela redução da sua atividade fisiológica. Este fato pode ser comprovado quando também são verificados os resultados obtidos para a caracterização físico-química e sensorial do produto, que demonstram a manutenção das suas características de qualidade ao longo do período de armazenamento.

- A umidade reduziu significativamente ao longo do período de armazenamento para as amostras armazenadas a 10°C. Observou-se variação significativa entre as diferentes amostras apenas a partir do 10º dia de armazenamento, sendo a temperatura o fator responsável por estas variações.

- Apesar da perda de massa fresca ter apresentado aumento significativo ao longo do período de armazenamento, está foi aceitável quando comparada ao limite máximo definido para produtos frescos.

- Verificou-se efeito significativo do período de armazenamento sobre a perda de textura, ou seja, redução dos valores de FMP para o floema de todas as amostras avaliadas. Apesar destes resultados as amostras não apresentaram aparência “amolecida”.

- A acidez total titulável e o teor de sólidos solúveis totais apresentaram comportamento semelhante, redução significativa ao longo do período de armazenamento para todas as amostras. Também foi verificada variação significativa entre os resultados obtidos para as três diferentes temperaturas, sendo observados valores inferiores nas temperaturas mais elevadas, podendo ser resultado da atividade metabólica mais acentuada. A aplicação da película não exerceu efeito algum sobre os resultados obtidos entre amostras armazenadas a mesma temperatura.

- Conforme esperado, ao contrário da acidez, os valores de pH aumentaram significativamente com o período de armazenamento.

- Observou-se redução significativa no teor de carotenóides totais durante o armazenamento. Também foram obtidos valores significativamente inferiores para as amostras armazenadas nas temperaturas mais elevadas, refletindo a maior degradação dos pigmentos.

- Como reflexo do obtido para o teor de carotenóides, também observou-se, de uma maneira geral, redução significativa para a cor das amostras ao longo do período de armazenamento e com o aumento da temperatura. Em relação ao esbranquiçamento, este não foi significativo ao longo do período de armazenamento, na superfície das amostras, entre as três temperaturas avaliadas, sendo maior nas temperaturas mais elevadas.

- Para a análise sensorial de aceitação, os melhores resultados foram obtidos para as amostras armazenadas a 1°C. Apesar das notas terem diminuído significativamente ao longo do período de armazenamento, estas sempre se mantiveram acima do limite estipulado para a aceitação do produto. Além disso, foram atribuídas notas significativamente superiores para as amostras com película de gelatina.

- No que se refere a intenção de compra, também foram observados melhores resultados para aquelas amostras armazenadas a 1°C, sendo que mesmo a amostra sem película recebeu notas dentro do limite mínimo determinado. As amostras sem película armazenadas a 5°C e 10°C, foram rejeitadas nesta avaliação já a partir do

1º dia de análise. De acordo com estes resultados pode-se verificar que a aplicação de película teve efeito significativamente positivo para as avaliações sensoriais do produto.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALASALVAR, C.; AL-FARSI, M.; QUANTICK, P.C.; SHAHIDI, F.; WIKTOROWICZ, R. Effect of chill storage and modified atmosphere packaging (MAP) on antioxidant activity, anthocyanins, carotenoids, phenolics and sensory quality of ready-to-eat shredded orange and purple carrots. **Food Chemistry**, v.89, p.69-76, 2005.
2. ALASALVAR, C.; GRIGOR, J.M.; ZHANG, D.; QUANTICK, P.C.; SHAHIDI, F. Comparison of volatiles, phenolics, sugars, antioxidant vitamins, and sensory quality of different colored carrot varieties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.49, p.1410-1416, 2001.
3. AHVENAINEN, R. New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. **Trends in Food Science & Technology**, v.7, p.179-187, jun. 1996.
4. ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS – A.O.A.C. **Official Methods of Analysis**. 16ed. Arlington: A.O.A.C, 1995. v.2.
5. CARLIN, F.; NGUYEN-THE, C.; CHAMBROY, Y.; REICHE, M. Effects of controlled atmospheres on microbial spoilage, electrolyte leakage and sugar content of fresh 'read-to-use' grated carrots. **Journal of Food Science and Technology**, v.25, p.110-119, 1990.
6. CARNELOSSI, M.A.G.; SILVA, E.O.; CAMPOS, R.S.; PUSCHMANN, R. Respostas fisiológicas de folhas de couve minimamente processadas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.2, p.215-220, abr./jun. 2005.
7. CARON, V. C.; JACOMINO, A. P.; KLUGE, R. A. Conservação de cenouras 'Brasília' tratadas com cera. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.21, n.4, p.597-600, out./dez. 2003.
8. CARVALHO, C.R.L.; MANTOVANI, D.M.B.; CARVALHO, P.R.N.; MORAES, R.M.N. **Análises Químicas de Alimentos**. Campinas: ITAL, 1990. 121p.

9. CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL-FAEPE, 1990. 293p.
10. CINAR, I. Carotenoid pigment loss of freeze-dried plant samples under different storage conditions. **Swiss Society of Food Science and Technology**, v.37, p.363-367, 2004.
11. COSTA, A.; ANTUNES, P.L. Branqueamento e vácuo na conservação de ervilha (*Pisum Sativa* L.) minimamente processada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, XVIII, 2002, Porto Alegre. **Anais do XVIII Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Porto Alegre: 2002.
12. DANTAS, M.I.S.; MINIM, V.P.R.; PUSCHMANN, R.; CARNEIRO, J.D.S.; BARBOSA, R.L. Mapa de preferência de couve minimamente processada. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.1, p.101-103, jan./mar. 2004.
13. DURANGO, A.M.; SOARES, N.F.F.; ANDRADE, N.J. Microbiological evaluation of an edible antimicrobial coating on minimally processed carrots. **Food Control**, v.17, p.336-341, 2006.
14. FIGUEIREDO, R.; ORNELLAS, C.B.D.; CONCEIÇÃO, M.P.J. Análise do perfil dos consumidores com relação aos alimentos orgânicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, XIX, 2004, Recife. **Anais do XIX Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Recife: 2004.
15. FONSECA, S.C.; OLIVEIRA, F.A.R.; LINO, I.B.M.; BRECHT, J.K.; CHAU, K.V. Modelling O₂ and CO₂ exchange for development of perforation-mediated modified atmosphere packaging. **Journal of Food Engineering**, v.43, p. 9-15, 2000.
16. FONSECA, S.C.; OLIVEIRA, F.A.R.; BRECHT, J.K. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. **Journal of Food Engineering**, v.52, p.99-119, 2002.

17. FRANCIS, G.A.; THOMAS, C.; O'BEIRNE, D. The microbiological safety of minimally processed vegetables. **International Journal of Food Science and Technology**, v.34, p.1-22, 1999.
18. GIANNINI, D. **Perfil: Ao vencedor, as cenouras!** Sinapse. p.1-3, 27/07/2004. Disponível em <www.folhaonline.com.br/sinapse>. Acesso em 23/05/2006.
19. HOWARD, L.R.; DEWI, T. Sensory, microbiological and chemical quality of mini-peeled carrots as affected by edible coating treatment. **Journal of Food Science**, v.60, n.1, 1995.
20. IZUMI, H.; WATADA, A.E.; KO, N.P.; DOUGLAS, W. Controlled atmosphere storage of carrot slices, sticks and shreds. **Postharvest Biology and Technology**, v.9, p.165-172, 1996.
21. JACOBSSON, A.; NIELSEN, T.; SJÖHOLM, I.; WENDIN, K. Influence of packaging material and storage condition on the quality of broccoli. **Food Quality and Preference**, v.15, p.301-310, 2004.
22. KLAIBER, R.G.; BAUR, S.; WOLF, G.; HAMMES, W.P.; CARLE, R. Quality of minimally processed carrots as affected by warm water washing and chlorination. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 6, p. 351-362, 2005.
23. KISS, J. Terra em transe. **Globo Rural**, n.223, maio, p.34-42, 2004.
24. LANA, M.M. Aspectos da fidiologia de cenoura minimamente processada. **Horticultura Brasileira**, v.18, n.3, p.154-158, 2000.
25. LAVELLI, V.; PAGLIARINI, E.; AMBROSOLI, R.; MINATI, J.L.; ZANONI, B. Physicochemical, microbial, and sensory parameters as indices to evaluate the quality of minimally-processed carrots. **Postharvest Biology and Technology**, p.1-7, 2006.
26. LEE, D.S. Application of an enzyme kinetics based on respiration model to permeable system experiment of fresh produce. **Journal of Food Engineering**, v.27, p.297-310, 1996.

27. LEE, K.S.; PARK, I.S., LEE, D.S. Modified atmosphere packaging of a mixed prepared vegetable salad dish. **International Journal of Food Science and Technology**, v.31, p.7-13, 1996.
28. LIMA, K. S. C.; LIMA, A. S.; FERREIRA, J. C. S.; DELLA-MODESTA, R. C.; GODOY, R. L. O. Avaliação da textura de cenouras minimamente processadas submetidas a irradiação gama. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, XVIII, 2002, Porto Alegre. **Anais do XVIII Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Porto Alegre: 2002.
29. LIMA, K. S. C.; LIMA, A. L. S.; FREITAS, L. C.; DELLA-MODESTA, R. C.; GODOY, R. L. O. Efeito das baixas doses de irradiação nos carotenóides majoritários em cenouras prontas para o consumo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.24, n.2, p.183-193, abr./jun. 2004.
30. LUENGO, R.F.A.; CALBO, A.G. **Armazenamento de hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2001. 242p.
31. MAISTRO, L.C. Alface minimamente processada: uma revisão. **Revista Nutrição**, Campinas, v.14, n.3, p.219-224, set./dez. 2001.
32. MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 3. ed. Boca Raton: FLCRC, 1999. 375p.
33. MILLER, G.L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v.31, n.3, p.426-428, mar. 1959.
34. MORETTI, C.L.; ARAÚJO, A.L.; MATTOS, L.M. Evaluation of different oxygen, carbon dioxide and nitrogen combinations employed to extend the shelf life of fresh-cut collard greens. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.21, p.676-680, out./dez. 2003.
35. NIIZU, P.Y.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. New data on the carotenoid composition of raw salad vegetables. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.18, p.739-749, 2005.
36. OLIVEIRA, L.M. **Requisitos de Conservação de Alimentos em Embalagens Flexíveis**. Campinas: Centro de Tecnologia de Alimentos, 2001. 215p.

37. OLIVEIRA, L.M. **Requisitos de Proteção de Produtos em Embalagens Plásticas Rígidas**. Campinas: CETEA – Centro de Tecnologia de Embalagens., 2006. 328p.
38. ORSAT, V.; GARIÉPY, Y.; RAGHAVAN, G.S.V.; LYEW, D. Radio-frequency treatment for ready-to-eat fresh carrots. **Food Research International**, v.34, p.527-536, 2001.
39. PAES, S.S. **Estudo da impregnação à vácuo de maçãs (var. Gala)**. 2005. 86p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Curso de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.
40. PEPPELENBOS, H.W.; LEVEN, J.V. Evaluation of four types of inhibition for modeling the influence of carbon dioxide on oxygen consumption of fruits and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v.7, p.27-40, 1996.
41. PHILLIPS, C.A. Review: Modified atmosphere packaging and its effects on the microbiological quality and safety of produce. **International Journal of Food Science and Technology**, v.31, p.463-479, 1996.
42. PILON, L. **Estabelecimento da vida útil de hortaliças minimamente processadas sob atmosfera e refrigeração**. 2003. 111p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Curso de Pós-Graduação em Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
43. RAGHAVAN, G.S.V.; RAMACHANDRA, M.; RATTI, C.; GARIÉPY, Y. Broccoli respiration rate modeling at varying gas compositions and different temperatures. In: INTERNATIONAL CONFERENCE AND AGRICULTURAL ENGINEERING, 99, 1999, Beijing. **Proceedings of 99 International Conference and Agricultural Engineering**, Beijing: 1999.
44. RESENDE, J.M.; COELHO, A.F.S.; CASTRO, E.C.; SAGGIN JÚNIOR, O.J.; NASCIMENTO, T.; BENEDETTI, B.C. Modificações sensoriais em cenouras

minimamente processada e armazenada sob refrigeração. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.1, p.147-150, jan./mar. 2004.

45. ROSA, M.C. **Processamento mínimo de tomates (*Lycopersicum esculentum* Mill):** Aspectos Microbiológicos, físico-químicos e sensoriais. 1999. 137p. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Curso de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

46. SASAKI, F.F. **Processamento mínimo de abóbora (*Cucurbita moschata Duch.*):** alterações fisiológicas, qualitativas e microbiológicas. 2005. 145p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) - Curso de Pós-Graduação em Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

47. SILVA, E.O.; PUSCHMANN, R.; SOARES, N.F.F.; CARNELOSSI, M.A.G.; MORETTI, C.L.; CENCI, S.A. Processamento mínimo de hortaliças no Brasil. In: ESTADO ACTUAL DEL MERCADO DE FRUTOS Y VEGETALES CORTADOS EN IBEROAMÉRICA, 2004, Costa Rica. **Anais do Simposium “Estado actual del mercado de frutos y vegetales cortados en Iberoamérica”**, Costa Rica: 2004.

48. SOARES, L.L.S.; DELIZA, R.; SILVA, A.L.S.; OLIVEIRA, S.P. Percepção do consumidor em relação às hortaliças orgânicas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, XIX, 2004, Recife. **Anais do XIX Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Recife: 2004.

49. SODE, F.; KÜHN, B.F. Respiration in MA-packed, cut carrots. **Journal of Food Engineering**, v. 37, p.223-232, 1998.

50. SONG, Y.; VORSA, N.; YAM, K.L. Modeling respiration-transpiration in a modified atmosphere packaging system containing blueberry. **Journal of Food Engineering**, v.53, p.103-109, 2002.

51. SPAGNOL, W.A.; PARK, K.J.; SIGRIST, J.M.M. Taxa de respiração de cenouras minimamente processadas e armazenadas em diferentes temperaturas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.26, n.3, p.550-554, jul./set. 2006.

52. SUN, M.; TEMELLI, F. Supercritical carbon dioxide extraction of carotenoids from carrot using canola oil as a continuous co-solvent. **Journal of Supercritical Fluids**, p.1-12, 2006.
53. TEIXEIRA, J.M.A.; MINIM, V.P.R.; CHAVES, J. B. P.; PUSCHMANN, R.; SAKURAOKA, D. M. Avaliação do esbranquiçamento de mini-cenouras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, XIX, 2004, Recife. **Anais do XIX Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Recife: 2004.
54. TOIVONEN, P.M.A.; UPADHYAYA, M.K.; GAYE, M.M. Low temperature preconditioning to improve shelf life of fresh market carrots. **Acta Horticulturae**, v.343, p.339-344, 1993.
55. VALLE, J.M.; PALMA, M.T. **Temas en tecnologia de alimentos**. Programa Ibero Americano de Ciencia y Tecnologia para el Desarrollo, Instituto Politécnico Nacional, 1997. 298p.
56. VIEIRA, J.V.; MAKISHIMA, N. **Cultivo da Cenoura**. 2000. Disponível em <www.cnph.embrapa.br/sistprod/cenoura/index.htm>. Acesso em 18/02/2007.
57. VITTI, M. C. D.; KLUGE, R. A; YAMAMOTO, L. K.; JACOMINO, A.P. Comportamento de beterraba minimamente processada em diferentes espessuras de corte. **Horticultura Brasileira, Brasília**, v.21, n.4, p.623-626, out./dez. 2003.
58. VITTI, M.C.D.; KLUGE, R.A.; GALLO, C.R.; SCHIAVINATO, M.A.; MORETTI, C.L.; JACOMINO, A.P. Aspectos fisiológicos e microbiológicos de beterrabas minimamente processadas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.10, p.1027-1032, out. 2004. (a)
59. VITTI, M.C.D.; KLUGE, R.A.; JACOMINO, A.P.; GROppo, V.D.; MORETTI, C.L. Processamento mínimo de beterraba. **Comunicado Técnico – Embrapa Hortaliças**, Brasília, v.23, dezembro, 2004. (b)
60. WATADA, A.E.; KO, N.P.; MINOTT, D.A. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. **Postharvest Biology and Technology**, v.9, p.115-125, 1996.

61. WELLBURN, A.R. The spectral determination of chlorophylls *a* and *b*, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. **Journal of Plant Physiology**, v.144, p.307-313, 1994.
62. WILEY, R.C. **Frutas y hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas**. Zaragoza: Acribia, 1997. 362p.
63. http://www.cnph.embrapa.br/paginas/hortalicas_em_numeros/hortalicas_em_numeros.htm - acessado em 02/04/2007.
64. <http://www.anvisa.org.br> - acessado em 15/06/2007 – Instrução Normativa nº007 de 17/05/1999.
65. YAMASHITA, F. Filmes e revestimentos biodegradáveis aplicados à frutas e hortaliças minimamente processadas. In: ENCONTRO SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, III, 2004, Viçosa. **Anais do III Encontro Sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças**, Viçosa: 2004. p.57-62.

APÊNDICE A

TABELA A1: Média dos valores de umidade (g/100g) de cenouras orgânicas minimamente processadas armazenadas a 1°C, 5°C e 10°C.

Tratamento	Período de armazenamento (dias)						
	1	3	6	8	10	13	15
SP1°C	92,81 _{aA}	92,76 _{aA}	92,68 _{aA}	92,75 _{aA}	92,69 _{aA}	92,58 _{aA}	92,53 _{aA}
CP1°C	92,71 _{aA}	92,19 _{aA}	92,54 _{aA}	92,36 _{aA}	92,48 _{abA}	92,54 _{aA}	92,47 _{aA}
SP5°C	92,31 _{aA}	92,07 _{aA}	92,09 _{aA}	91,78 _{aA}	91,52 _{cA}	91,30 _{bA}	91,38 _{bcA}
CP5°C	92,27 _{aA}	92,02 _{aA}	92,23 _{aA}	91,85 _{aA}	91,46 _{cA}	91,33 _{bA}	91,50 _{bA}
SP10°C	92,34 _{aA}	92,18 _{aAB}	92,10 _{aAB}	92,06 _{aAB}	91,90 _{bcAB}	91,63 _{abB}	90,60 _{cdC}
CP10°C	92,24 _{aA}	92,23 _{aA}	92,25 _{aA}	92,14 _{aA}	91,76 _{cA}	91,02 _{bB}	90,17 _{dC}

Letras minúsculas iguais nas colunas e maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

TABELA A2: Média dos valores de perda de massa fresca (%) de cenouras orgânicas minimamente processadas armazenadas a 1°C, 5°C e 10°C.

Tratamento	Período de armazenamento (dias)						
	1	3	6	8	10	13	15
SP1°C	0,000 _{aA}	0,003 _{aAB}	0,040 _{aABC}	0,050 _{aBC}	0,083 _{aCD}	0,115 _{aD}	0,180 _{aE}
CP1°C	0,000 _{aA}	0,003 _{aA}	0,067 _{aB}	0,093 _{aBC}	0,123 _{abC}	0,175 _{abD}	0,200 _{aD}
SP5°C	0,000 _{aA}	0,005 _{aA}	0,058 _{aB}	0,102 _{aBC}	0,138 _{abC}	0,203 _{bD}	0,207 _{aD}
CP5°C	0,000 _{aA}	0,005 _{aAB}	0,063 _{aBC}	0,090 _{aCD}	0,147 _{bDE}	0,197 _{bE}	0,200 _{aE}
SP10°C	0,000 _{aA}	0,057 _{bA}	0,162 _{bB}	0,220 _{bB}	0,285 _{cC}	0,362 _{cD}	0,423 _{bD}
CP10°C	0,000 _{aA}	0,063 _{bB}	0,222 _{cC}	0,282 _{cD}	0,278 _{cD}	0,355 _{cE}	0,402 _{bF}

Letras minúsculas iguais nas colunas e maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

TABELA A3: Média dos valores de força máxima de perfuração (N) de cenouras orgânicas minimamente processadas armazenadas a 1°C, 5°C e 10°C.

Tratamento	Período de armazenamento (dias)						
	1	3	6	8	10	13	15
Floema							
SP1°C	13,82aA	12,92aAB	12,53aBC	12,64aBC	12,44aBC	12,41aBC	11,69aC
CP1°C	13,43abA	12,53abB	12,51aBC	12,22abBC	11,92aCD	11,60abD	11,51aD
SP5°C	13,47abA	12,79aAB	12,65aAB	12,78aAB	12,39aAB	12,03abB	11,57aB
CP5°C	13,28abcA	12,61abAB	12,23abABC	12,64aAB	12,04aBC	11,51abBC	11,34abC
SP10°C	12,64bcA	12,21abAB	11,30bBCD	11,66abABC	11,01bCD	11,01bCD	10,53bD
CP10°C	12,31cA	12,05bAB	11,90abAB	11,39bBC	10,98bc	11,26abBC	10,78abC
Xilema							
SP1°C	11,40abA	11,35abA	11,53abA	11,71aA	11,68aA	11,19aA	10,63aA
CP1°C	11,73aA	11,64aA	11,41abA	11,40abA	10,52abB	10,39abB	10,10aB
SP5°C	11,65aA	11,48abA	11,78aA	11,60abA	11,54aA	10,76abAB	9,93abB
CP5°C	11,52abA	11,06abA	11,32abA	10,67bcAB	9,97bB	9,93bcB	9,69abB
SP10°C	11,35abA	10,49bAB	10,77abAB	9,88cAB	10,02bAB	10,38abAB	9,65abB
CP10°C	10,48bAB	11,05abfA	10,38bAB	10,06cABC	9,54bBC	9,03bcC	8,92bc

Letras minúsculas iguais nas colunas e maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

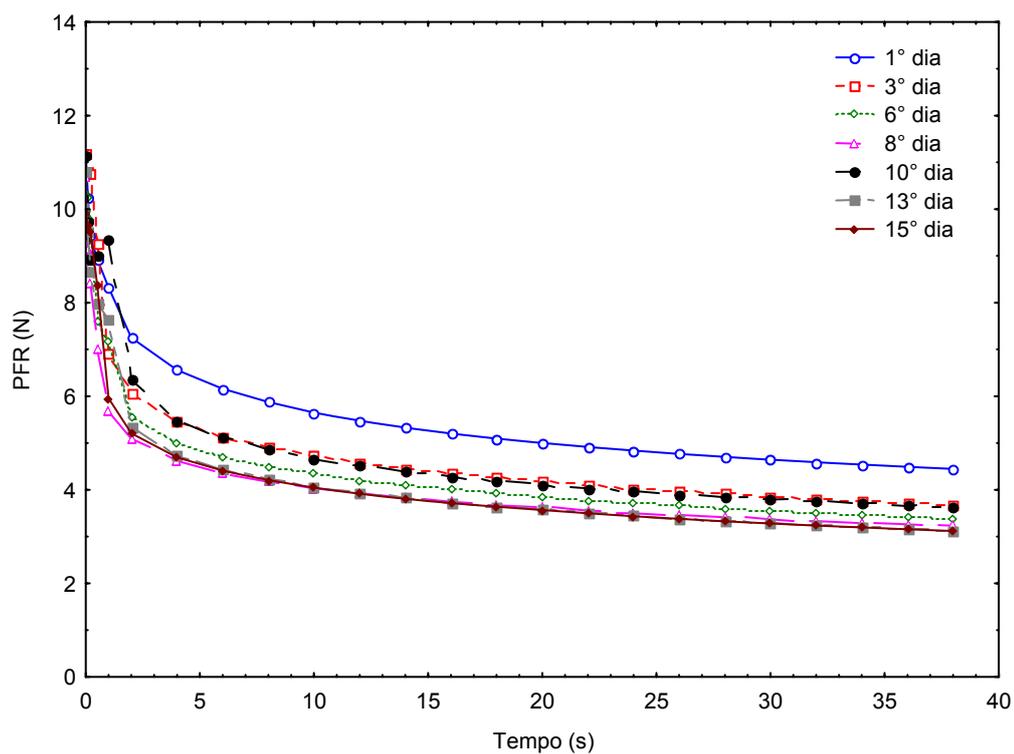


FIGURA A1: Perfil da força de relaxação (N) para o xilema de cenouras orgânicas minimamente processadas, sem película, armazenadas a 1°C.

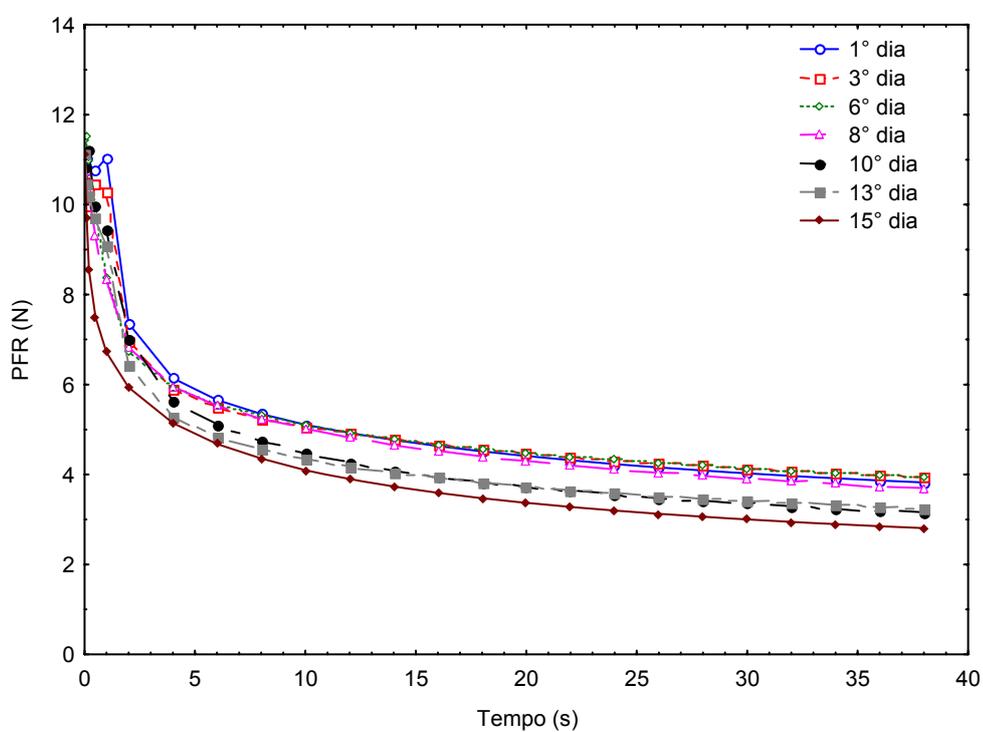


FIGURA A2: Perfil da força de relaxação (N) para o floema de cenouras orgânicas minimamente processadas, com película, armazenadas a 1°C.

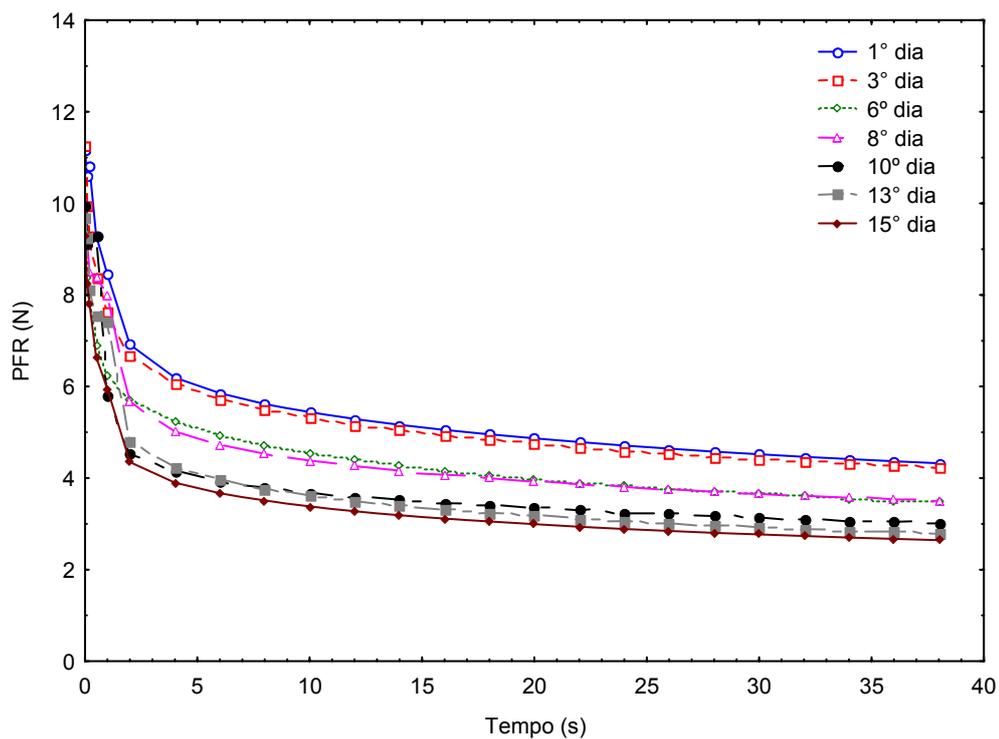


FIGURA A3: Perfil da força de relaxação (N) para o xilema de cenouras orgânicas minimamente processadas, com película, armazenadas a 1°C.

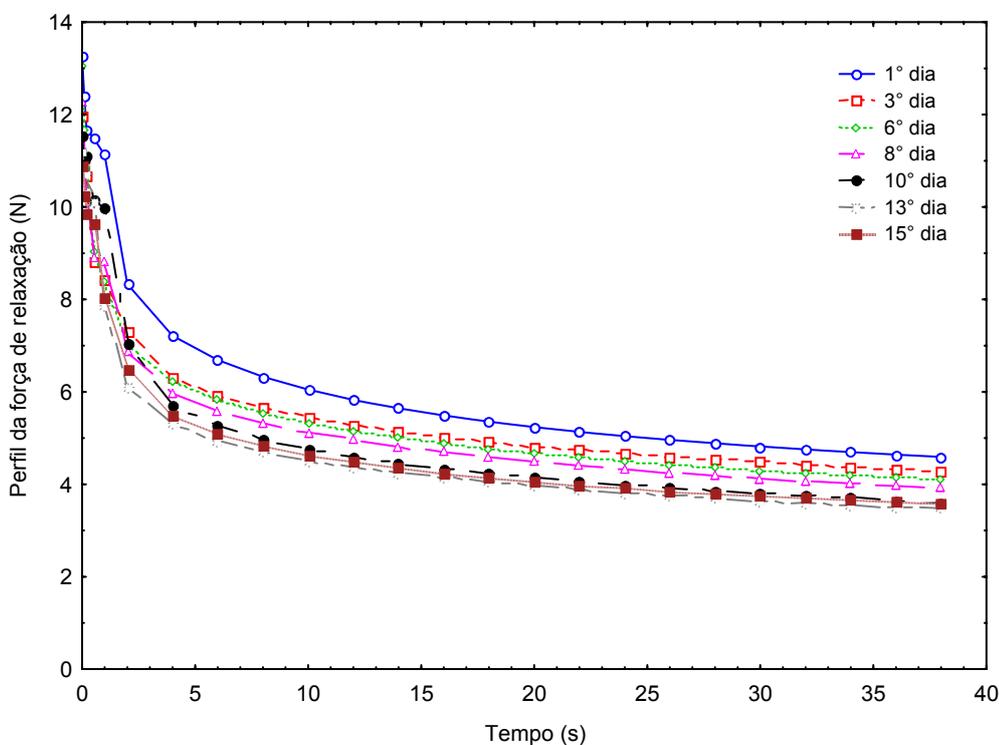


FIGURA A4: Perfil da força de relaxação (N) para o floema de cenouras orgânicas minimamente processadas, sem película, armazenadas a 5°C.

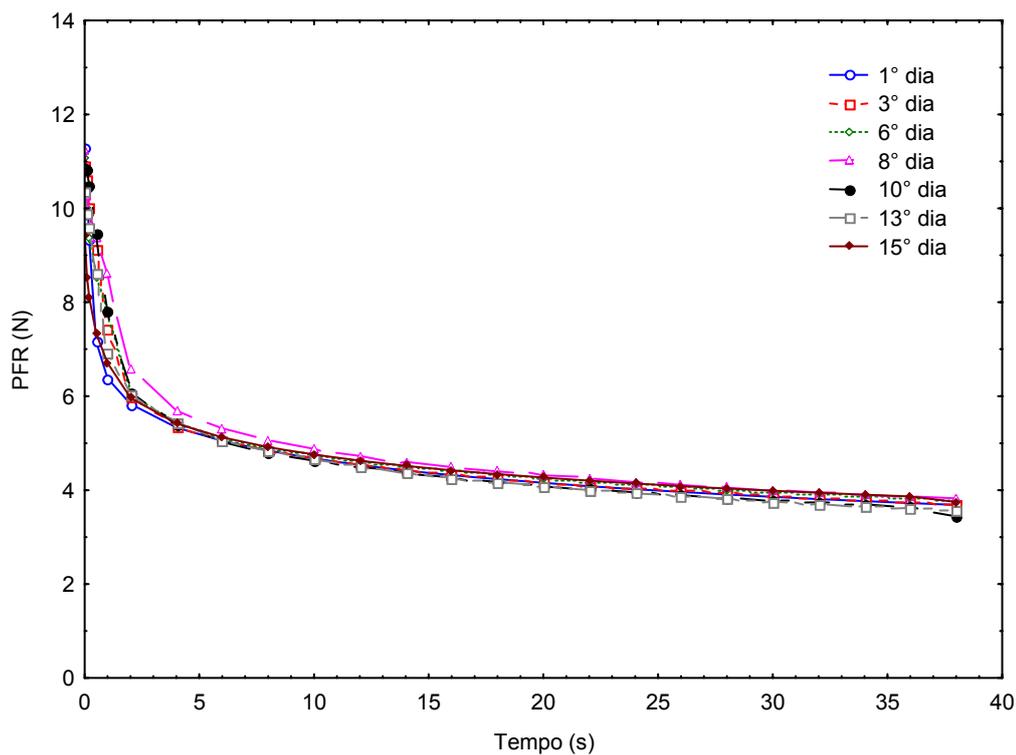


FIGURA A5: Perfil da força de relaxação (N) para o xilema de cenouras orgânicas minimamente processadas, sem película, armazenadas a 5°C.

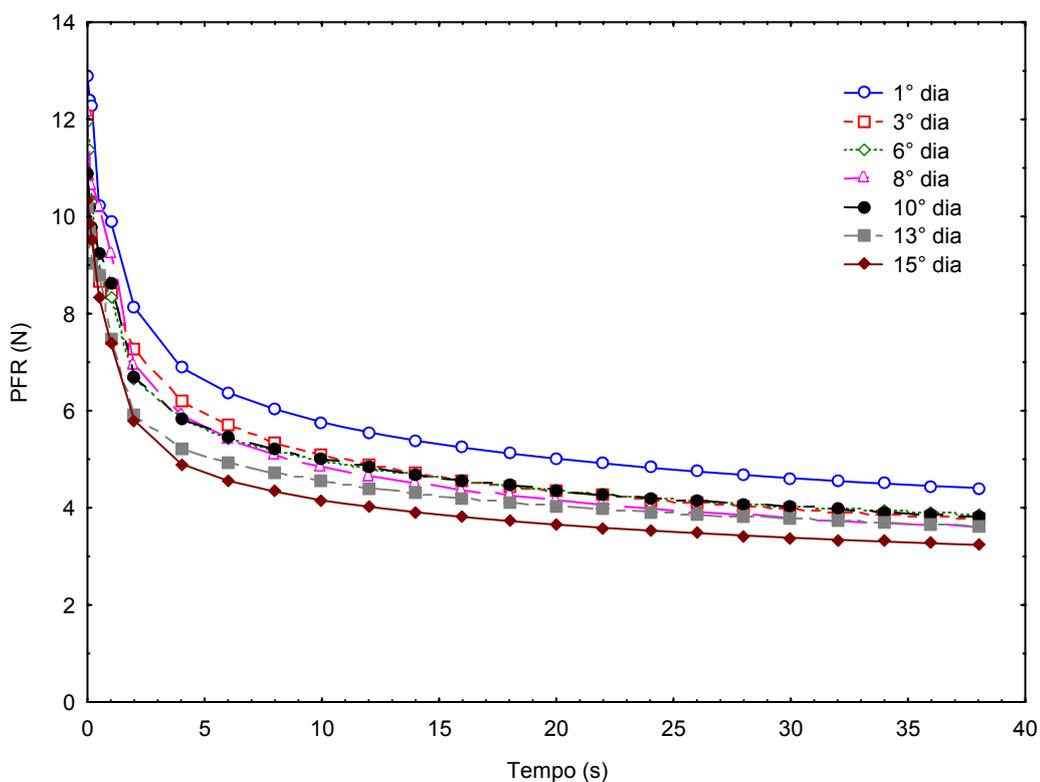


FIGURA A6: Perfil da força de relaxação (N) para o floema de cenouras orgânicas minimamente processadas, com película, armazenadas a 5°C.

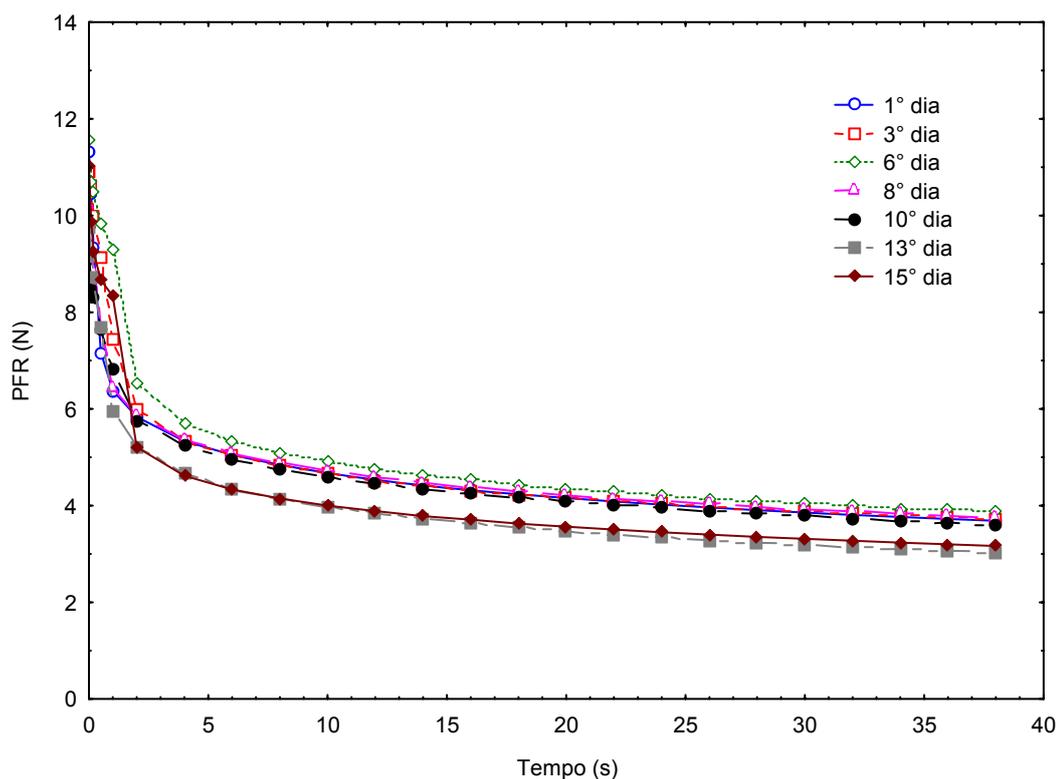


FIGURA A7: Perfil da força de relaxação (N) para o xilema de cenouras orgânicas minimamente processadas, com película, armazenadas a 5°C.

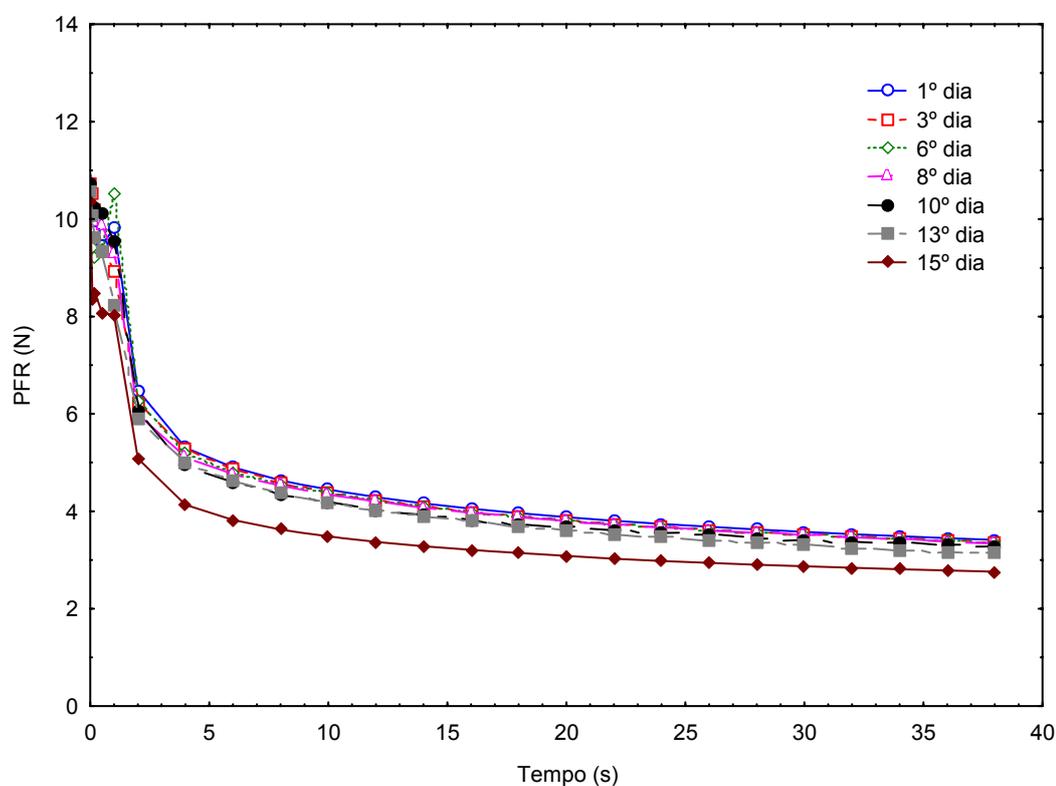


FIGURA A8: Perfil da força de relaxação para o floema de cenouras orgânicas minimamente processadas, sem película, armazenadas a 10°C.

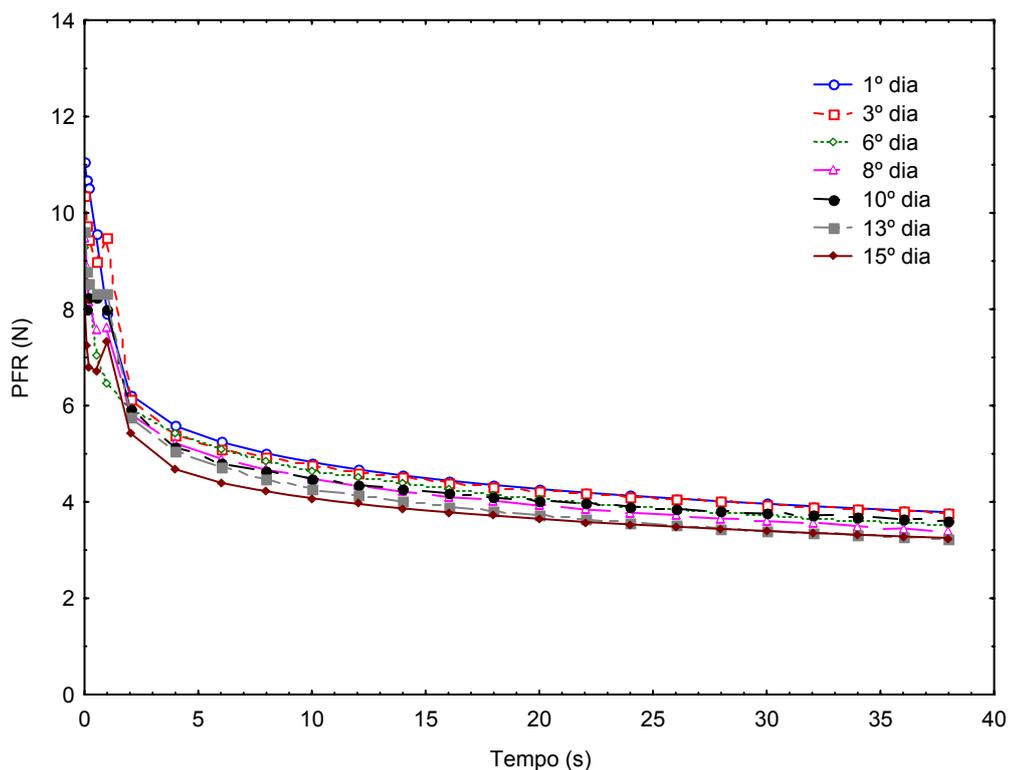


FIGURA A9: Perfil da força de relaxação (N) para o xilema de cenouras orgânicas minimamente processadas, sem película, armazenadas a 10°C.

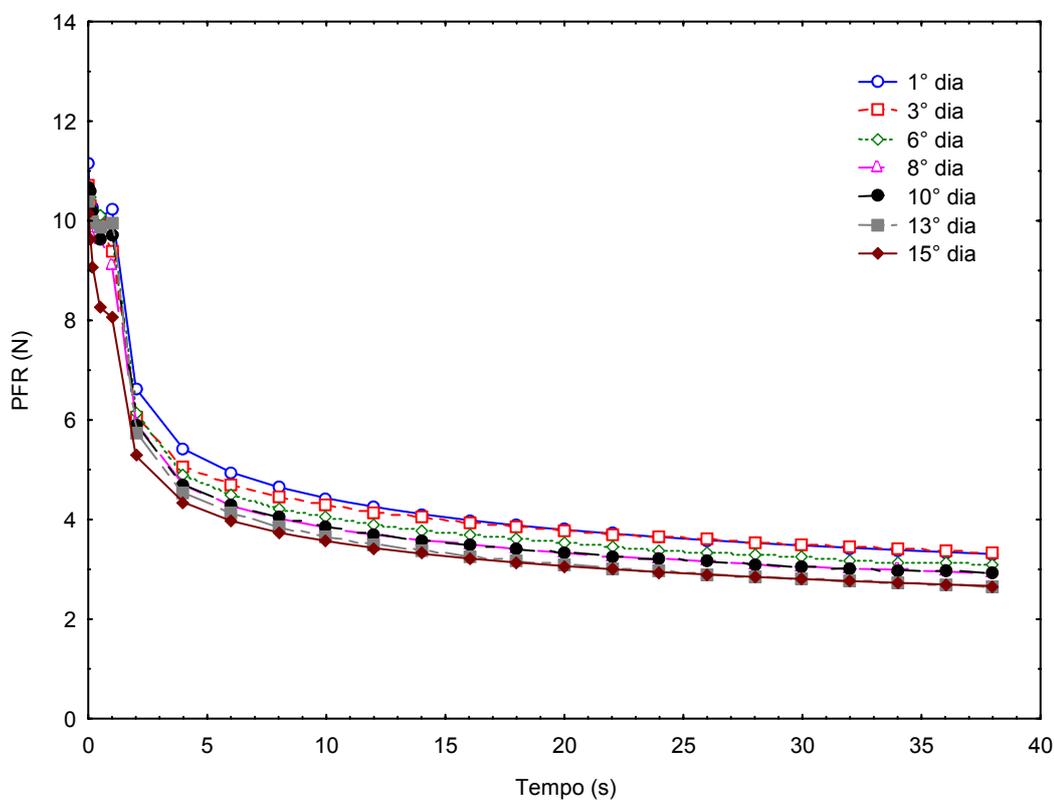


FIGURA A10: Perfil da força de relaxação para o floema de cenouras orgânicas minimamente processadas, com película, armazenadas a 10°C.

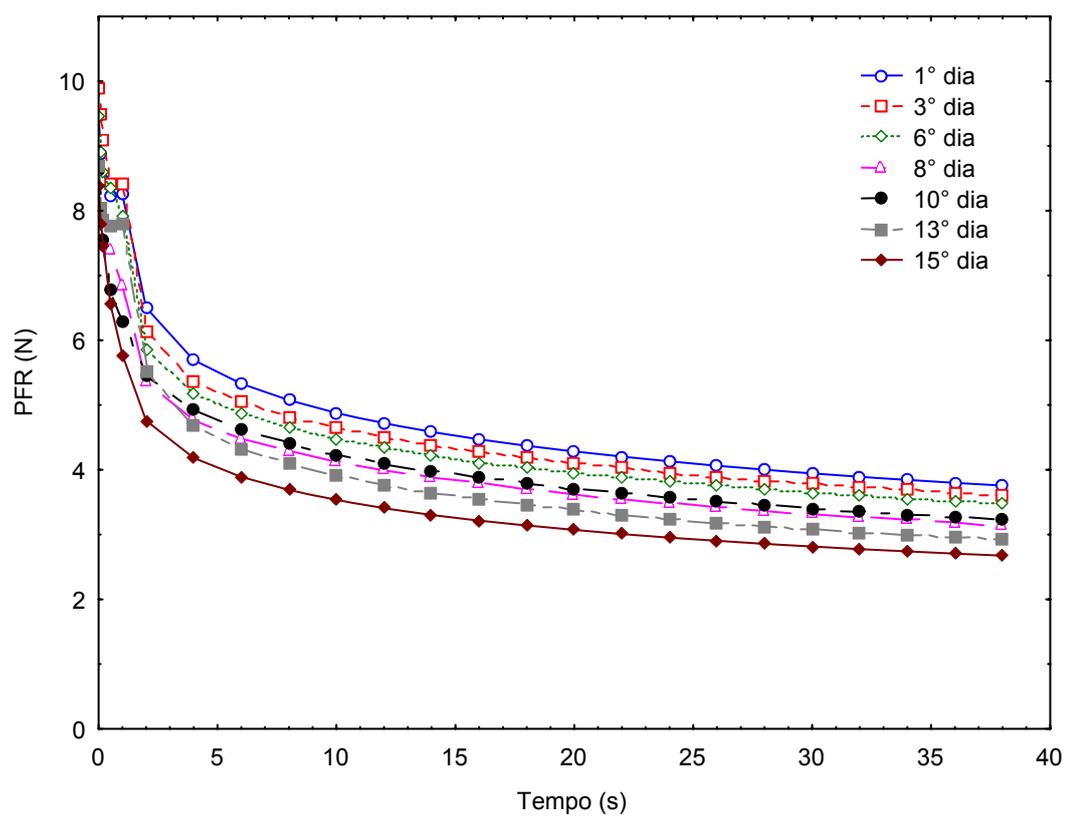


FIGURA A11: Perfil da força de relaxação (N) para o xilema de cenouras orgânicas minimamente processadas, com película, armazenadas a 10°C.

TABELA A4: Média dos valores de carotenóides totais (mg/100g) de cenouras orgânicas minimamente processadas armazenadas a 1°C, 5°C e 10°C.

Tratamento	Período de armazenamento (dias)						
	1	3	6	8	10	13	15
Floema							
SP1°C	13,88aAB	14,76aA	14,18abAB	13,21aBC	12,63aCD	11,95aD	10,71abE
CP1°C	14,17aAB	14,64aAB	14,97aA	13,88aAB	13,29aB	11,62aC	11,05aC
SP5°C	12,21abA	10,92bcAB	12,98bA	9,71bBC	11,13abAB	8,28cC	7,88cC
CP5°C	13,17aAB	11,93bAB	13,96abA	14,44aA	12,81aAB	10,29abB	10,04abcB
SP10°C	9,68bcAB	9,40cABC	9,94cA	7,69cC	9,27bABC	8,20cBC	8,00cBC
CP10°C	9,56cA	9,60cA	9,64cA	9,40bcA	9,99bA	8,85bcA	8,69bcA
Xilema							
SP1°C	4,15aAB	4,31aAB	4,46aA	4,06aABC	3,21abcC	3,47aBC	3,48aBC
CP1°C	4,62aA	4,39aA	4,72aA	4,41aA	3,88aAB	3,79aAB	3,00aB
SP5°C	3,25abA	3,55abA	2,46bA	3,73aA	2,71bcA	2,71abA	3,48aA
CP5°C	4,04aAB	2,98bAB	4,22aA	4,24aA	3,55abAB	3,63aAB	2,66abB
SP10°C	2,03bA	1,59cA	1,71bA	1,75bA	1,29dA	1,09cA	1,73bA
CP10°C	2,13bAB	1,12cA	1,92bAB	2,22bB	2,35cB	2,07bcAB	2,80aB

Letras minúsculas iguais nas colunas e maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

TABELA A5: Médias dos valores dos parâmetros L*, a* e b* para o xilema de cenouras orgânicas minimamente processadas armazenadas a 1°C, 5°C e 10°C.

Tratamento	Período de armazenamento (dias)						
	1	3	6	8	10	13	15
L*							
SP1°C	62,74 ^{aAB}	66,42 ^{aB}	61,42 ^{aA}	61,61 ^{abA}	66,25 ^{aB}	60,56 ^{abA}	61,04 ^{aA}
CP1°C	59,55 ^{aA}	58,84 ^{bcA}	59,76 ^{aA}	59,79 ^{abA}	60,73 ^{bcA}	61,78 ^{abA}	59,65 ^{aA}
SP5°C	61,02 ^{aA}	58,00 ^{bcA}	59,96 ^{aA}	60,55 ^{abA}	58,99 ^{bcA}	59,80 ^{abA}	59,74 ^{aA}
CP5°C	59,01 ^{aA}	57,30 ^{cA}	61,49 ^{aA}	58,38 ^{bA}	58,48 ^{cA}	59,20 ^{aA}	59,39 ^{aA}
SP10°C	64,21 ^{aA}	64,20 ^{aA}	63,68 ^{aA}	62,88 ^{aA}	62,53 ^{abcA}	64,31 ^{bA}	62,01 ^{aA}
CP10°C	61,69 ^{aA}	62,46 ^{abA}	62,20 ^{aA}	61,89 ^{abA}	63,02 ^{abA}	62,16 ^{abA}	58,48 ^{aA}
a*							
SP1°C	24,81 ^{aA}	24,83 ^{aA}	24,87 ^{aA}	22,89 ^{aA}	22,69 ^{abA}	24,01 ^{aA}	23,04 ^{aA}
CP1°C	25,37 ^{aA}	23,74 ^{abAB}	24,31 ^{aAB}	23,00 ^{aB}	24,61 ^{baAB}	23,78 ^{aAB}	24,52 ^{aAB}
SP5°C	13,51 ^{bA}	12,11 ^{dA}	15,06 ^{cA}	13,77 ^{bA}	17,55 ^{cA}	11,56 ^{cA}	12,33 ^{cA}
CP5°C	13,62 ^{bA}	17,39 ^{cdA}	16,84 ^{bcA}	14,09 ^{bA}	17,99 ^{bcA}	17,72 ^{bA}	16,21 ^{bcA}
SP10°C	20,9 ^{aA}	18,54 ^{bcA}	21,18 ^{abA}	21,62 ^{aA}	22,14 ^{abcA}	22,07 ^{abA}	20,63 ^{abA}
CP10°C	20,22 ^{aA}	18,74 ^{bcA}	20,22 ^{abcA}	22,49 ^{aA}	21,72 ^{abcA}	20,35 ^{abA}	22,06 ^{aA}
b*							
SP1°C	44,62 ^{aA}	41,88 ^{aAB}	43,21 ^{aAB}	37,41 ^{abB}	37,64 ^{abB}	39,28 ^{aAB}	38,24 ^{abB}
CP1°C	44,51 ^{aA}	40,97 ^{aAB}	42,16 ^{abAB}	39,15 ^{abB}	40,67 ^{aB}	42,17 ^{aAB}	40,19 ^{aB}
SP5°C	38,54 ^{aA}	33,15 ^{bA}	36,65 ^{bcA}	34,22 ^{aA}	34,89 ^{bA}	31,46 ^{bA}	32,96 ^{bA}
CP5°C	38,13 ^{aA}	37,63 ^{abA}	40,55 ^{abcA}	35,85 ^{abA}	37,72 ^{abA}	38,49 ^{aA}	36,38 ^{abA}
SP10°C	37,32 ^{aA}	37,7 ^{abA}	34,62 ^{cA}	37,03 ^{abA}	37,44 ^{abA}	38,39 ^{aA}	35,7 ^{abA}
CP10°C	39,15 ^{aA}	38,89 ^{abA}	39,86 ^{abcA}	40,15 ^{bA}	41,80 ^{aA}	39,84 ^{aA}	37,98 ^{abA}

Letras minúsculas iguais nas colunas e maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

TABELA A6: Médias dos valores do parâmetro C e h para o xilema de cenouras orgânicas minimamente processadas armazenadas a 1°C, 5°C e 10°C.

Tratamento	Período de armazenamento (dias)						
	1	3	6	8	10	13	15
C							
SP1°C	51,06aAB	48,70aAC	49,86aAB	43,86abC	43,95abAC	46,07aAB	44,64aC
CP1°C	51,23aA	47,36abB	48,68aB	45,35aAB	47,54aB	48,45aB	47,10aB
SP5°C	41,04bA	35,56cA	41,26bA	39,96cA	39,10bA	33,68bA	35,69bA
CP5°C	40,64bA	41,35bcA	44,32abA	38,56bcA	41,42abA	42,39aA	39,84abA
SP10°C	42,80abA	42,19abcA	40,61bA	42,90abA	43,53abA	44,35aA	41,27abA
CP10°C	44,16abA	43,30abA	44,84abA	46,04aA	47,31aA	45,04aA	43,96aA
h							
SP1°C	60,94aA	59,36aBC	60,05aAB	58,55aC	58,87aBC	58,42aC	58,85aBC
CP1°C	60,32aA	59,84aA	60,02aA	59,46aA	58,83aA	60,58abA	58,60aA
SP5°C	70,68bA	70,11bA	68,09bA	68,12bA	63,56bA	69,70cA	69,92cA
CP5°C	70,57bA	65,70bcAB	68,25bAB	68,50bAB	64,88bB	65,43bcAB	66,11bcAB
SP10°C	60,97aAB	64,21acA	58,54aAB	56,98aB	59,33aAB	60,38abAB	60,06abAB
CP10°C	63,44aA	64,40abcA	63,45abA	60,76aA	62,74abA	63,21abA	60,08abA

Letras minúsculas iguais nas colunas e maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

TABELA A7: Médias dos valores do índice IE de cenouras orgânicas minimamente processadas armazenadas a 1°C, 5°C e 10°C.

Tratamento	Período de armazenamento (dias)						
	1	3	6	8	10	13	15
Floema							
SP1°C	29,78aA	30,03abcA	30,59aA	30,94abA	32,41abA	29,76aA	32,67abA
CP1°C	29,61aA	27,67aA	28,43aA	29,30aA	28,52cA	28,94aA	29,79aA
SP5°C	31,97aA	33,71cdA	31,60aA	33,02bA	31,13acA	35,44bA	35,05bA
CP5°C	29,43aA	29,18abA	28,62aA	29,41aA	30,55acA	30,94aA	31,81abA
SP10°C	32,30aA	34,41dA	35,82bA	36,70cA	35,09bA	36,70bA	34,30bA
CP10°C	29,22aA	28,27bcdA	31,42aA	31,61abA	31,03acA	31,07aA	32,38abA
Xilema							
SP1°C	36,72abA	40,81abAB	36,88aA	41,65abAB	44,50aB	39,07abA	40,48aAB
CP1°C	34,68aA	37,04aABC	36,73aAB	40,17aC	38,68bBC	38,21aBC	39,45aBC
SP5°C	42,94cA	44,73bA	42,54bA	45,79bA	43,04aA	47,39dA	45,91bA
CP5°C	41,72bcA	40,19abA	41,08abA	43,03abA	40,68abA	40,74abA	42,92abA
SP10°C	43,21cA	44,41bA	43,13bA	42,42abA	42,81abA	42,80cA	43,75abA
CP10°C	40,99bcA	42,49bA	41,19abA	40,04aA	39,92abA	41,51acA	39,13aA

Letras minúsculas iguais nas colunas e maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

APÊNDICE B

Nome: _____ Data: _____

Você está recebendo seis amostras de cenouras orgânicas minimamente processadas. Por favor, observe o produto e indique o quanto você gostou do mesmo.

		Amostra	Amostra	Amostra	Amostra	Amostra	Amostra
1	Desgostei muitíssimo						
2	Desgostei muito						
3	Desgostei moderadamente						
4	Desgostei ligeiramente						
5	Indiferente						
6	Gostei ligeiramente						
7	Gostei moderadamente						
8	Gostei muito						
9	Gostei muitíssimo						

Comentários: _____

FIGURA B1: Ficha de avaliação sensorial para o teste de aceitação.

Nome: _____ Data: _____

Você está recebendo seis amostras de cenouras orgânicas minimamente processadas. Por favor, observe o produto e avalie o mesmo em relação a sua intenção de compra.

		Amostra	Amostra	Amostra	Amostra	Amostra	Amostra
1	Certamente compraria						
2	Compraria						
3	Talvez comprasse/talvez não comprasse						
4	Não compraria						
5	Certamente não compraria						

Comentários: _____

FIGURA B2: Ficha de avaliação sensorial para o teste de intenção de compra.