

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

**CRISTIANE FAGUNDES**

**ESTUDO CINÉTICO DO PROCESSAMENTO MÍNIMO DE  
MAÇÃ (*Malus Domestica B.*) VAR. GALA: INFLUÊNCIA DA  
TEMPERATURA NA TAXA RESPIRATÓRIA E NOS  
PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E SENSORIAIS**

**Florianópolis – SC  
2009**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.



**CRISTIANE FAGUNDES**

**ESTUDO CINÉTICO DO PROCESSAMENTO MÍNIMO DE  
MAÇÃ (*Malus Domestica B.*) VAR. GALA: INFLUÊNCIA DA  
TEMPERATURA NA TAXA RESPIRATÓRIA E NOS  
PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E SENSORIAIS**

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<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Alcilene  
Rodrigues Monteiro Fritz  
Co-orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Renata Dias  
de Mello Castanho Amboni

**Florianópolis – SC  
2009**



**ESTUDO CINÉTICO DO PROCESSAMENTO MÍNIMO DE  
MAÇÃ (*Malus Domestica B.*) VAR. GALA: INFLUÊNCIA DA  
TEMPERATURA NA TAXA RESPIRATÓRIA E NOS  
PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E SENSORIAIS**

POR

**CRISTIANE FAGUNDES**

Dissertação julgada para obtenção do título de **Mestre em Engenharia de Alimentos**, área de concentração de **Desenvolvimento de Processos da Indústria de Alimentos**, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2009.

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Alcilene Rodrigues Monteiro Fritz  
**Orientadora**

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Renata Dias de Mello Castanho Amboni  
**Co-orientadora**

---

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Alcilene Rodrigues Monteiro Fritz  
**Coordenador do CPGEA**

**Banca Examinadora:**

---

---

---



*“O sucesso nasce do querer, da  
determinação e persistência em se chegar a  
um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo,  
quem busca e vence obstáculos, no mínimo  
fará coisas admiráveis.”*

*Jose Alencar*





## AGRADECIMENTOS

À Deus.

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

Ao meu namorado Rafael e a minha irmã Carize, pelo companheirismo e apoio em todos os momentos e por compartilhar comigo essa conquista.

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

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

À professora Dr<sup>a</sup>. Alcilene Rodrigues Monteiro Fritz pela orientação e ensinamentos transmitidos.

À professora Dr<sup>a</sup>. Renata Dias de Melo Castanho Amboni pela orientação, sugestões e auxílio para a execução das análises de cor e sensorial.

Ao Doutorando Bruno Mattar Carciofi e Mestrando Cristiano Edio 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 a aluna Suelen Amorim pela realização das análises cromatográficas.

A Dr<sup>a</sup>. Carmen Muller pela colaboração quanto aos ensaios de textura

Ao Prof. Dr. João Borges Laurindo pela ajuda na interpretação dos dados de textura.

Aos amigos do Laboratório de Propriedades Físicas (PROFI).

Aos professores Simone Hichmann Flôres, Regina Vasconcellos Antonio e Glaucia Maria Falcão de Aragão, membros da banca examinadora por sua colaboração na avaliação do trabalho.

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



## RESUMO

Frutas e hortaliças minimamente processados continuam seu processo metabólico após a colheita e quando submetidos ao corte. A utilização de atmosfera modificada, embalagens adequadas combinadas com baixas temperaturas de armazenamento podem retardar esses processos metabólicos e manter a qualidade sensorial e microbiológica de produtos minimamente processados. O objetivo deste trabalho foi estudar a influência da temperatura nas taxas de respiração, parâmetros físico-químicos, sensoriais e microbiológicos de maçã minimamente processada (*Malus domestica*, B.) da variedade Gala, acondicionadas em embalagens flexíveis multicamada de polipropileno biorientado (BOPP) e polietileno de baixa densidade (PEBD), estocadas a temperaturas de 2°C, 5°C e 7°C. A avaliação da composição gasosa foi realizada diariamente, durante os oito primeiros dias de armazenamento, através de análise cromatográfica. As taxas respiratórias foram calculadas usando o modelo baseado na cinética enzimática. A taxa respiratória das maçãs armazenadas a 2°C foi significativamente inferior às armazenadas a 5°C e 7°C. Os resultados das análises físico-químicas realizadas durante os 11 dias de armazenamento mostraram: redução no teor umidade e aumento da perda de massa apresentando efeito significativo ao longo do período de armazenamento nas temperaturas de 5°C e 7°C. A atividade de água apresentou redução significativa ao longo do período de armazenamento nas três temperaturas. Teor de açúcares redutores apresentou redução significativa ao longo do período de armazenamento apenas para temperatura de 7°C. O teor de sólidos solúveis totais, acidez titulável, o pH e a textura não apresentaram diferença significativa ao longo do período de armazenamento nas três temperaturas. A cor das amostras expressa através dos parâmetros L\*, a\*, b\*, cromaticidade (C\*), ângulo hue (h) não apresentou alterações significativas durante o armazenamento, assim como o Índice de Escurecimento. O crescimento microbiológico ao longo do período de armazenamento, esta de acordo com as normas estabelecidas pela Anvisa, para vegetais processados. A maior nota para a aceitabilidade das amostras foi para aquelas armazenadas a 2°C. Porém, em todas as temperaturas as médias obtidas para o índice de aceitabilidade estão acima do limite mínimo para aceitação e intenção de compra.

**Palavras-chave:** Influência da temperatura; Taxa de respiração; Maçã Gala.



## ABSTRACT

Minimally processed fruits and vegetables continue their metabolic process after harvest and when submitted to the cut. The use of modified atmosphere, appropriate packaging combined with low storage temperatures, can slow the metabolic processes and maintain the sensory and microbiological quality of minimally processed products. The aim was to study the influence of temperature on respiration rates, physical-chemical, microbiological and sensory of minimally processed apple (*Malus domestica*, B.) of the Gala variety, packed in flexible multilayer biorientated polypropylene (BOPP) and low-density polyethylene (LDPE), stored at temperatures of 2°C, 5°C and 7°C. The evaluation of the gas composition was performed daily during the first eight days of storage, using chromatographic analysis. The respiratory rates were calculated using a model based on enzyme kinetics. The respiration rate of apples stored at 2°C was significantly lower than those stored at 5°C and 7°C. The results of physico-chemical analysis carried out during the 11 days of storage were: reduction water content and increased weight significantly over the period of storage at temperatures of 5°C and 7°C. Water activity ( $A_w$ ) showed significant reduction over the period of storage at three temperatures. The reducing sugar content decreased significantly over the period of storage at 7°C. The total soluble solids content, the acidity, pH and the maximum force of drilling did not differ significantly over the period of storage at three temperatures. The color of the sample expressed by the parameters  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , chromaticity ( $C^*$ ), hue angle (h) showed no significant changes during storage, as well as the index of browning. The microbiological growth during the storage period, this according to the standards set by Anvisa for processed vegetables. The highest average for the acceptability of the samples was for those stored at 2°C. However, in all the average temperatures obtained for the index of acceptability are above the threshold set for acceptance and purchase intent.

**Keywords:** Influence of temperature; Respiration rates; Apple Gala variety.



## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

Figura 1. 1 - Fluxograma do processamento mínimo de maçãs.....	59
Figura 1. 2 - Evolução das concentrações de O <sub>2</sub> e CO <sub>2</sub> de maçãs minimamente processadas, armazenadas a 2°C, 5°C e 7°C.....	66
Figura 1. 3 - Evolução das concentrações de O <sub>2</sub> e CO <sub>2</sub> em função do tempo, para os dados experimentais e modelo ajustado, de maçãs minimamente processadas, armazenadas a 5°C.....	67
Figura 1. 4 - Evolução das concentrações de O <sub>2</sub> e CO <sub>2</sub> em função do tempo, para os dados experimentais e modelo ajustado, de maçãs minimamente processadas, armazenadas a 7°C.....	68
Figura 1. 5 - Taxa respiratória (mL CO <sub>2</sub> /Kg h) de maçãs minimamente processada armazenada a 2°C, 5°C e 7°C.....	69
Figura 1. 6 - Comportamento da razão entre moles de CO <sub>2</sub> por moles de O <sub>2</sub> durante o período de armazenamento de 192 horas.....	73
Figura 1. 7 - Comportamento do consumo de O <sub>2</sub> em função da concentração de CO <sub>2</sub> .....	73
Figura 1. 8 - Comportamento do consumo de O <sub>2</sub> em função da concentração de O <sub>2</sub> .....	74
Figura 1. 9 - Curva linearizada da equação de Arrhenius para maçãs minimamente processadas, armazenadas a 2°C, 5°C e 7°C.....	75
Figura 1. 10 - Perfil dos valores de umidade (g/100g) para maçãs minimamente processadas armazenadas a 2°C, 5°C e 7°C.....	77

### CAPÍTULO 2

Figura 2. 1 - Fluxograma do processamento mínimo de maçãs.....	92
Figura 2. 2 - Perfil dos valores de umidade (g/100g) para maçãs minimamente processadas, armazenadas a 2°C, 5°C e 7°C.....	97



Figura 2. 3 - Perfil dos valores de perda de massa fresca (%) para maçãs minimamente processadas, armazenadas a 2°C, 5°C e 7°C.....	98
Figura 2. 5 - Perfil da força de relaxação (N) para maçãs minimamente processadas, armazenadas 2°C. ....	101
Figura 2. 6 - Perfil da força de relaxação (N) para maçãs minimamente processadas, armazenadas 5°C. ....	101
Figura 2. 7 - Perfil da força de relaxação (N) para maçãs minimamente processadas, armazenadas a 7°C.....	102
Figura 2. 8 - Perfil dos valores de IE de maçãs minimamente processadas armazenadas 2°C, 5°C e7°C.....	105

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 1

Tabela 1. 1 - Parâmetros cinéticos obtidos a partir dos dados experimentais do consumo de O <sub>2</sub> versus a concentração. ....	72
Tabela 1. 2 - Média dos valores de acidez total titulável (% ácido málico), pH, sólidos solúveis totais (°Brix) e açúcares redutores totais (mg/ml) de maçãs minimamente processadas a 2°C, 5°C e 7°C, armazenadas durante 11 dias. ....	78
Tabela 1. 3 - Contagem de Coliformes totais (NMP/g), Psicrotróficos (UFC/g) e Salmonella para maçãs minimamente processadas armazenadas a 2°C, 5°C e 7°C .....	82

### CAPÍTULO 2

Tabela 2. 1 - Média de experimento e análise dos valores de atividade de água e força máxima de perfuração de maçãs minimamente processadas armazenadas a temperatura 2°C, 5°C e 7°C durante 11 dias.....	99
Tabela 2. 2 - Média dos valores dos parâmetros L*, a*, b*, C* e h de maçãs minimamente processadas armazenadas a temperatura de 2°C, 5°C e 7°C. ....	103
Tabela 2. 3 - Contagem de Coliformes totais (NMP/g), Psicrotróficos (UFC/g) e Salmonella, para maçãs minimamente processadas armazenadas a 2°C, 5°C e 7°C. ....	107
Tabela 2. 4 - Médias dos resultados obtidos para os testes de aceitação e Intenção de Compra das maçãs minimamente processadas armazenadas a 2°C, 5°C e 7°C.....	108



## LISTA DE SÍMBOLOS

BOPP	Polipropileno Biorientado
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 <sub>0</sub>	Constante pré-exponencial
<i>Km</i> <sub>O<sub>2</sub></sub>	Constante de Michaelis-Mentem para o consumo de O <sub>2</sub> (% O <sub>2</sub> )
<i>Kmc</i> <sub>CO<sub>2</sub></sub>	Constante de Michaelis-Mentem para inibição competitiva do CO <sub>2</sub> sobre o consumo de O <sub>2</sub> (% CO <sub>2</sub> )
<i>Kmn</i> <sub>CO<sub>2</sub></sub>	Constante de Michaelis-Mentem para inibição não competitiva do CO <sub>2</sub> sobre o consumo de O <sub>2</sub> (% CO <sub>2</sub> )
<i>Kmu</i> <sub>CO<sub>2</sub></sub>	Constante de Michaelis-Mentem para inibição incompetitiva do CO <sub>2</sub> sobre o consumo de O <sub>2</sub> (% CO <sub>2</sub> )
L	Espessura do filme (mm)
M	Massa de produto acondicionado na embalagem (Kg)
P <sub>CO<sub>2</sub></sub>	Permeabilidade do filme ao CO <sub>2</sub> (mL / m <sup>2</sup> h atm)
P <sub>O<sub>2</sub></sub>	Permeabilidade do filme ao O <sub>2</sub> (mL / m <sup>2</sup> h atm)
PE	Polietileno
PEBD	Polietileno de Baixa Densidade
PFR	Perfil da Força de Relaxação (N)
PP	Polipropileno
QR	Quociente respiratório
R	Constante universal dos gases (J / mol K)
<i>r</i> <sub>CO<sub>2</sub></sub>	Taxa respiratória em função da produção de CO <sub>2</sub> (mL CO <sub>2</sub> / kg h)
<i>r</i> <sub>O<sub>2</sub></sub>	Taxa respiratória em função do consumo de O <sub>2</sub> (mL O <sub>2</sub> / kg h)
t	Tempo (h)
T	Temperatura (K)
V <sub>m</sub>	Volume livre da embalagem (mL)
<i>Vm</i> <sub>O<sub>2</sub></sub>	Taxa máxima de consumo de O <sub>2</sub> (mL / kg h)
[CO <sub>2</sub> ]	Concentração de CO <sub>2</sub> (%)
[O <sub>2</sub> ]	Concentração de O <sub>2</sub> (%)



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>23</b>
<b>2 OBJETIVO</b> .....	<b>25</b>
2.1 Objetivos Específicos .....	25
<b>3 JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>26</b>
<b>4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>27</b>
4.1 Maçã .....	27
4.2 Processamento Mínimo .....	28
4.3 Respiração .....	30
4.3.1 Modelo de taxa de respiração .....	31
4.3.2 Quociente respiratório .....	34
4.4 Fatores que influenciam a taxa respiratória .....	35
4.4.1 Atmosfera modificada .....	35
4.4.2 Temperatura .....	37
4.4.3 Embalagem .....	39
4.5 Tratamento químico: cloreto de cálcio e ácido ascórbico .....	41
4.6 Qualidade microbiológica de produtos minimamente processados .....	43
REFERÊNCIAS .....	45

### CAPITULO 1

#### **Artigo 1: Influência da Temperatura na Taxa de Respiração e Parâmetros Físico-Químicos de Maçãs Minimamente Processadas Armazenadas sob Atmosfera Modificada** .....

**54**

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>56</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>58</b>
2.1 Matéria-prima .....	58
2.2 Pré-tratamento: determinação das concentrações de inibidores .....	58
2.3 Processamento mínimo .....	58
2.4 Determinação da Concentração de Gases no Interior das Embalagens .....	60
2.5 Taxa de Respiração .....	60
2.6 Parâmetros Cinéticos .....	61
2.7 Energia de Ativação .....	62

2.8 Parâmetros físico-químicos.....	63
2.8.1 Conteúdo de Umidade.....	63
2.8.2 Acidez Total Titulável .....	63
2.8.3 pH.....	64
2.8.4 Sólidos Solúveis Totais.....	64
2.8.5 Açúcares Redutores.....	64
2.9 Análise Microbiológica .....	64
2.10 Análise Estatística .....	65
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>66</b>
3.1 Determinação das Concentrações de Inibidores.....	66
3.2 Determinação da Composição Gasosa.....	66
3.3 Taxa Respiratória de Maçãs Minimamente Processadas .....	69
3.4 Parâmetros Cinéticos .....	71
3.5 Quociente Respiratório .....	74
3.6 Energia de Ativação .....	75
3.7 Parâmetros Físico-químicos.....	76
3.7.1 Umidade.....	76
3.7.2 Acidez Total Titulável .....	77
3.7.3 pH.....	79
3.7.4 Sólidos Solúveis Totais (SST) .....	79
3.7.5 Açúcares Redutores Totais.....	80
3.8 Análise Microbiológica .....	81
<b>4 CONCLUSÃO.....</b>	<b>83</b>
REFERÊNCIAS .....	84

## **CAPÍTULO 2**

### **Artigo 2: Influência da Temperatura nos Qualidade de Maçãs cv. Gala Minimamente Processada. .... 87**

#### **1 INTRODUÇÃO..... 89**

#### **2 MATERIAL E MÉTODOS..... 91**

2.1 Matéria-prima .....

2.2 Pré-tratamento: Determinação das Concentrações de Inibidores.....

2.3 Processamento Mínimo .....

2.4 Parâmetros de Qualidade .....

2.4.1 Conteúdo de Umidade.....

2.4.2 Perda de Massa .....

2.4.3 Textura .....	93
2.4.4 Atividade de Água ( $A_w$ ) .....	93
2.4.5 Cor.....	94
2.4.6 Índice de escurecimento .....	94
2.5 Análise Microbiológica .....	94
2.6 Análise Sensorial .....	94
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>96</b>
3.1 Parâmetros de Qualidade .....	96
3.1.1 Conteúdo de Umidade.....	96
3.1.2 Perda de Massa.....	97
3.1.3 Atividade de Água ( $A_w$ ) .....	98
3.1.4 Textura .....	99
3.1.5 Cor.....	102
3.1.6 Índice de Escurecimento (IE) .....	104
3.2 Análise Microbiológica .....	106
3.3 Análise Sensorial .....	107
<b>4 CONCLUSÃO .....</b>	<b>110</b>
REFERÊNCIAS.....	111
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>114</b>
Apêndice A - Ficha de Avaliação Sensorial.....	114





# 1 INTRODUÇÃO

O grande espaço territorial a diversidade de clima e de solos coloca o Brasil em posição privilegiada em relação aos demais países do mundo, possibilitando a exploração econômica de inúmeras espécies de vegetais de clima tropical, subtropical e temperado. Contudo, o volume de perdas pós-colheita é bastante considerável (DOMINGUES; AQUINO; CARVALHO, 2007).

A otimização da qualidade e a redução das perdas pós-colheita de frutas e hortaliças frescas são os principais objetivos da tecnologia pós-colheita (FONSECA; OLIVEIRA; BRECHT, 2002). Segundo estimativas da FAO (Food Agriculture Organization), o Brasil apresenta um dos maiores índices de perdas pós-colheita entre os 10 maiores produtores do setor agrícola do mundo (YAMASHITA, 2004). Os produtos minimamente processados surgem como uma alternativa para o aproveitamento dessas matérias-primas.

Os produtos minimamente processados vêm ganhando uma proporção cada vez mais significativa do mercado de frutas e hortaliças *in natura*, desde sua introdução nos canais de distribuição dos Estados Unidos, cerca de 30 anos atrás, e na França, no início da década de 80 (DOMINGUES; AQUINO; CARVALHO, 2007).

A utilização de hortifrutícolas minimamente processados no Brasil, iniciou-se na década de 90 e, nos últimos anos, este segmento do agronegócio apresentou elevado crescimento tanto no mercado institucional, quanto no varejista (DOMINGUES; AQUINO; CARVALHO, 2007).

O crescimento das vendas deste tipo de produto deve-se ao crescente consumo da sociedade, visto que estes oferecem uma série de vantagens. Para o consumidor final oferece vantagens como: aumento da qualidade higiênico-sanitária, visualização da qualidade interna do produto, no varejo pode apresentar os seguintes benefícios: padronização na forma e tamanho nas operações oferecidas, redução na geração de resíduos (casca e/ou sementes), diminuição nos custos adicionais com mão-de-obra e estrutura física para o processamento e armazenamento da matéria-prima e do produto, redução do tempo gasto com o processamento, entre outros (SILVA, 2001).

A maçã é uma das frutas mais produzidas no Brasil e grande parte da safra colhida durante os primeiros meses do ano é armazenada. O armazenamento durante longo período acarreta aumento de custos para conservação e perda de qualidade da fruta. A utilização da fruta na

fabricação de um produto minimamente processado pode agregar valor e acelerar o consumo deste produto.

## **2 OBJETIVO**

Estudar a influência da temperatura na taxa de respiração, parâmetros físico-químicos, microbiológicos e aceitabilidade sensorial de maçãs minimamente processadas armazenadas sob atmosfera modificada passiva.

### **2.1 Objetivos Específicos**

- Avaliar reações de deterioração, em micro ambiente, como mudança de cor e perda de textura do produto, por meio do uso baixa temperaturas de estocagem.
- Determinar as taxas de respiração a partir da concentração de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> através do modelo da cinética enzimática.
- Analisar parâmetros físico-químicos do produto minimamente processado nos diferentes tempos e temperaturas de armazenamento.
- Avaliar a qualidade microbiológica e sensorial da maçã minimamente processada em diferentes tempos de estocagem e em diferentes temperaturas.
- Avaliar influência da embalagem e uso de atmosfera modificada na qualidade das maçãs minimamente processadas.

### 3 JUSTIFICATIVA

O hábito alimentar dos brasileiros tem apresentado mudanças nas últimas décadas. Esse fato está relacionado à maior participação da mulher no mercado de trabalho, reduzindo o tempo disponível para o preparo de alimentos. Essas mudanças fazem com que a indústria alimentícia necessite criar produtos prontos para o consumo, que demandem menor tempo para o preparo.

O mercado para frutas minimamente processadas está em crescimento em vários países, incluindo o Brasil, satisfazendo algumas exigências do consumidor, como a preservação das propriedades da fruta fresca, a conveniência de uso, além de ser um produto de qualidade e microbiologicamente seguro.

Sendo o estado de Santa Catarina o maior produtor de maçã, gera-se um excedente de frutos e conseqüentemente maior perda pós-colheita devido ao armazenamento de 60% da safra (EPAGRI,2002).

O processamento mínimo aliado à atmosfera modificada e armazenamento sob baixas temperaturas, é uma boa alternativa para redução dessas perdas, além de agregar valor e aumentar o consumo desse tipo de produto.

Alguns estudos vêm sendo realizados com frutas e vegetais minimamente processados e bons resultados tem sido obtidos. Associados à inovação de preparo e a preferência entre os consumidores brasileiros, a maçã minimamente processada pode ser um produto de grande importância comercial.

## 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 4.1 Maçã

A macieira (*Malus domestica*), pertencente à família das rosaceae, é originária da Europa e da Ásia. A exploração comercial no Brasil teve início na década de 60, em Santa Catarina, e em poucos anos a maçã se transformou em produto de intensa comercialização no país (EPAGRI, 2002).

As maçãs podem ser conservadas por até três meses em câmara fria convencional, já em atmosfera controlada podem ser conservadas por até cinco meses sem perder as características iniciais (EPAGRI, 2002).

As principais variedades comerciais no Brasil são a Gala e a Fuji, que juntas representam mais de 95 % de toda a produção brasileira (CZELUSNIAK, 2003). A primeira tem sua colheita entre fevereiro e março e a segunda é colhida entre março e abril. Além do período de colheita, as duas principais cultivares se diferenciam pelo aspecto da armazenagem, sendo a Fuji a que apresenta maior durabilidade. (KREUZ; ARGENTA, 2003).

As duas cultivares apresentam algumas diferenças em suas características. A maçã Fuji apresenta gosto mais ácido, formato redondo, de casca vermelho rajada, polpa dura, textura média e succulenta. Já a maçã Gala é uma fruta de formato redondo e alongado, tamanho médio, cor vermelho intenso e muito doce (KREUZ; ARGENTA, 2003).

A maçã da variedade Gala está apresentando um crescente aumento na sua produção e, por apresentar a coloração da epiderme vermelho mais intenso, tamanho médio e sabor doce, enquadra-se dentro das exigências do consumidor brasileiro (FREIRE et al., 1994).

O cultivo da macieira é uma atividade relativamente recente no Brasil. No início da década de 70, a produção anual de maçãs era de cerca de 30.800 toneladas produzidas em 2.880 hectares. Na safra nacional de maçã 2006/07, foram produzidas 1.093.853 toneladas numa área colhida de 37.700 hectares, apresentando um incremento de 3.446% no volume produzido e de 1.204% na área colhida, comparado com os resultados alcançados na safra de 2007 (FIORAVANÇO, 2009).

Os estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, possuem as melhores condições para a cultura, devido ao clima, ou seja, quantidade de horas de frio necessárias para maior produtividade e

melhor qualidade do fruto (tamanho, coloração, sabor). Santa Catarina permanece na liderança do ranking nacional da fruta, sendo responsável por cerca de 53,8% da produção total, com 598,7 mil toneladas, seguida pelo Rio Grande do Sul, com 42,1% (EPAGRI, 2008).

O elevado volume de frutos produzidos exige especial atenção no tocante à preservação da qualidade pós-colheita durante o armazenamento. Muitos esforços têm sido feitos para preservar a qualidade pós-colheita em maçãs, através de medidas que visam retardar a maturação e distúrbios fisiológicos (WILLS et al., 1998).

## **4.2 Processamento Mínimo**

Frutas e hortaliças minimamente processadas são produtos frescos, higienizados submetidos a uma ou mais alterações físicas, tais como descascamento, fatiamento e corte, tornando-os prontos para o consumo e/ou preparo (JACOMINO et al., 2004)

A Associação Internacional de Produtores de Minimamente Processados (IFPA) definem vegetais minimamente processados como produtos que são modificados fisicamente, mas que mantêm seu estado fresco. Logo, assume-se que são produtos frescos, tornados convenientes, com qualidade e garantia de sanidade (OLIVEIRA, 2005).

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 consumidores (AHVENAINEN, 1996)

Segundo Alzamora, Tapia, e Lopez, (2000), para produção de frutas e vegetais minimamente processados existem alguns requisitos essenciais: matéria-prima de boa qualidade, rigorosa higiene, boas práticas de fabricação, baixas temperaturas durante o manuseio, qualidade da água utilizada na lavagem, uso de aditivos adequados para desinfecção e prevenção do escurecimento, materiais e métodos corretos de embalagem, além de utilização de temperatura e umidade apropriadas durante a distribuição e venda.

Entre os fatores que mais afetam a qualidade de frutas minimamente processadas antes da colheita estão: a espécie do fruto, as práticas de cultura, o crescimento e a maturidade. Após a colheita os fatores de maior influência são: manuseio, estocagem, técnicas de processamento, sanitização, embalagem e temperatura de

armazenamento (ROCCULI; ROMANI; ROSA, 2004).

Nos últimos anos, tem-se verificado maior interesse na produção de frutos e hortaliças minimamente processados, devido às acentuadas mudanças no estilo de vida das pessoas (BEAULIEU et al., 1997). Porém, o consumidor exige produtos com atributos de qualidade, como aparência, textura e “flavor”, similares aos produtos frescos (SOLIVA-FORTUNY, 2001).

Produtos minimamente processados têm vida de prateleira relativamente curta devido a grande quantidade de distúrbios e reações oxidativas que ocorrem com o corte do vegetal, aumentando a taxa de respiração e transpiração acelerando assim, as reações metabólicas e consequente senescência do fruto (PAULL; CHEN, 1997).

Essas reações causam escurecimento, descoloração de pigmentos externos, perda ou mudança de “flavor”, mudança de textura e mudança nutricional, devido à destruição de vitaminas (FENNEMA, 1996; CARVALHO, 2002). Faz-se necessária então, a utilização de uma combinação de processamentos brandos para assegurar a qualidade e aumentar a vida-de-prateleira desses produtos (PEREIRA et al., 2003).

Atualmente a oferta de frutas minimamente processadas é restrita, porém estudos com diversas frutas e hortaliças vêm sendo realizados com intuito de viabilizar essa técnica, agregar valor e reduzir a perda pós-colheita destes vegetais.

Rocculi, Romani e Rosa, (2004) avaliaram parâmetros físico-químicos de maçãs da variedade *Golden Delicious*, tratadas com solução contendo 0,5% de ácido cítrico, 0,5% de ácido ascórbico e 0,5% cloreto de cálcio, estocadas a temperatura de 4°C por 12 dias, os resultados encontrados pelos autores mostram manutenção dos parâmetros físico-químicos nas condições estudadas.

Bico et al., (2009) observaram a influência da utilização de atmosfera modificada e cobertura de carragena na qualidade de bananas minimamente processadas armazenadas a temperatura de 5°C durante 5 dias, concluíram que a cobertura de utilizada foi capaz de conservar a qualidade das amostras durante o período estudado.

Barbosa (2007), estudou a influência da temperatura na composição gasosa, parâmetros físico-químicos e sensoriais de cenoura orgânica minimamente processada, armazenada sob atmosfera modificada passiva, a temperatura de 1°, 5° e 10 °C, durante 15 dias, obtendo bons resultados dos parâmetros estudados para as amostras armazenadas a 1°C.



### 4.3 Respiração

A respiração é um processo metabólico que fornece energia para os processos bioquímicos da planta. Vários substratos utilizados em importantes vias metabólicas são formados durante a respiração (FONSECA; OLIVEIRA; BRECHT, 2002).

A produção de energia pela fotossíntese e sua utilização pelo processo respiratório são os eventos primordiais do metabolismo vegetal. Na fase pós-colheita, a fotossíntese torna-se limitada e os órgãos de armazenamento, se maduros, utilizam suas reservas metabólicas para reações de síntese (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A respiração corresponde às reações oxidativas de compostos orgânicos (ácidos orgânicos e carboidratos) que são transformados em água e dióxido de carbono com produção de energia química, utilizada para biossíntese de novos compostos indispensáveis ao perfeito funcionamento e manutenção da planta como um todo (FONSECA; OLIVEIRA; BRECHT, 2002).

Nos frutos, a atividade respiratória é influenciada, pelo menos em parte, pela sua composição, quando completamente formados e, pelas alterações químicas que ocorrem durante a fase da maturação. As substâncias que possivelmente tomam parte ativa nessas alterações são proteínas, glicídeos, lipídeos, ácidos orgânicos, vitaminas, minerais e alguns componentes da parede celular, como hemiceluloses e pectinas. A respiração resulta em modificações profundas desses constituintes, que podem ser altamente indesejáveis sob ponto de vista da qualidade (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Injúrias mecânicas podem estimular o aumento da taxa respiratória, induzir a síntese do etileno, oxidação de compostos fenólicos, aumentar atividade enzimática e o desenvolvimento microbiológico acelerando assim a perda de qualidade especialmente de atributos como cor e firmeza. Portanto, o controle da respiração é condição essencial para manutenção da qualidade e para o prolongamento da vida pós-colheita dos produtos (ROCHA; MORAIS, 2003).

Segundo KADER, (1986) a diminuição do teor de O<sub>2</sub> disponível para frutas e vegetais reduz a taxa respiratória (produção de CO<sub>2</sub>/consumo de O<sub>2</sub>), que geralmente requer no mínimo de 1 a 3% de oxigênio, dependendo do produto, para evitar a mudança de respiração aeróbica para anaeróbica.

A atividade respiratória de produtos minimamente processados é alta, e esta diretamente relacionada com o tipo de produto, corte e

temperatura de armazenamento. A taxa respiratória indica a velocidade em que o produto vai se deteriorar, a injúria sofrida pelo corte reduz a vida de prateleira dos produtos minimizados (LEE et al., 2002).

Segundo Lee et al., (2003) a atividade respiratória de maçãs minimamente processadas da variedade Fuji, tratadas com proteína concentrada do soro do leite, glicerol e cloreto de cálcio, armazenadas 4°C durante duas semanas, apresentou uma redução de 20%.

A atmosfera modificada e/ou controlada pode reduzir o consumo de oxigênio e a produção de CO<sub>2</sub>. A redução do O<sub>2</sub> e/ou elevação do CO<sub>2</sub> para reduzir a taxa respiratória de frutas e vegetais minimamente processados tem sido reconhecida como a principal razão dos efeitos benéficos da atmosfera modificada e/ou controlada (PORTE; MAIA, 2001).

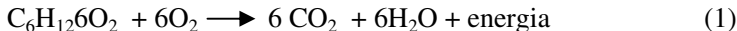
Alguns trabalhos mostram a importância do uso de embalagens de diferentes polímeros para minimizar as taxas respiratórias de vegetais. Por exemplo, Souza et al., (2007) ao usar embalagens rígidas de polietileno (PE) e polipropileno (PP) seladas passiva e ativamente, verificaram que estas embalagens não são recomendadas para acondicionar pequi minimamente processado, em razão do nível de O<sub>2</sub> estar próximo a 0% no terceiro dia de armazenamento, o que compromete a sua qualidade, devido à respiração anaeróbica.

Fontes, (2005) verificou redução da taxa respiratória de maçãs da variedade Gala cobertas com película de alginato, armazenadas a 2°C durante 13 dias, embaladas em bandejas de poliestireno envoltas com filme de policloreto de vinila.

Rodrigues et al., (2008) mostrou que a utilização de filmes de PEBD proporcionou a modificação passiva da atmosfera ao redor de fatias de manga, o equilíbrio foi atingido após 8 dias de armazenamento. Os autores concluíram que o acondicionamento das frutas com atmosfera modificada influiu positivamente na manutenção das características sensoriais e qualidade microbiológica das fatias de manga.

#### ***4.3.1 Modelo de taxa de respiração***

A respiração trata-se de um processo metabólico de quebra oxidativa de substratos orgânicos em moléculas simples, tais como CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O, com produção de energia, podendo ser representado pela equação (1) (FONSECA; OLIVEIRA; BRECHT, 2002).



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  $O_2$  e  $CO_2$ . As mudanças na taxa de respiração com a atmosfera no interior da embalagem, e o conhecimento de sua dependência com a concentração de oxigênio e dióxido de carbono requer aplicação de modelos matemáticos devido às dificuldades de serem obtidas experimentalmente.

Lee (1996) propõe um modelo para determinação das taxas de respiração de frutas e hortaliças em sistemas permeáveis, descrito pelas equações (2) e (3).

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

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

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).

O modelo usa quatro parâmetros de ajuste mostrados pelas equações (4) e (5) (Lee 1996):

$$[O_2] = 21 - A_1 \left[ 1 - e^{-(B_1 + C_1 t)^{D_1}} \right] \quad (4)$$

$$[CO_2] = A_2 \left[ 1 - e^{-(B_2 + C_2 t)^{D_2}} \right] \quad (5)$$

Para descrever a relação entre a concentração de  $O_2$  e o consumo de  $O_2$  aplica-se a equação (6)

$$r_{O_2} = \frac{Vm_{O_2} \cdot [O_2]}{Km_{O_2} + [O_2]} \quad (6)$$

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 %  $O_2$ .

O comportamento do  $\text{CO}_2$  pode ser descrito através dos modelos baseados na cinética enzimática, como apresentado para a influência da concentração do  $\text{O}_2$  no consumo de  $\text{O}_2$ . Três tipos de inibição são descritas na literatura: competitiva, não competitiva e incompetitiva. A inibição competitiva ocorre quando tanto o inibidor ( $\text{CO}_2$ ) quanto o substrato ( $\text{O}_2$ ) competem pelo mesmo sítio ativo enzimático, e pode ser representado pela equação (7).

$$r_{\text{O}_2} = \frac{Vm_{\text{O}_2} \cdot [\text{O}_2]}{[\text{O}_2] + Km_{\text{O}_2} \cdot \left(1 + \frac{[\text{CO}_2]}{Kmc_{\text{CO}_2}}\right)} \quad (7)$$

onde  $Kmc_{\text{CO}_2}$  é a constante de Michaelis-Menten para a inibição competitiva do  $\text{CO}_2$  sobre o consumo de  $\text{O}_2$ , dada em %  $\text{CO}_2$ .

A inibição incompetitiva ocorre quando o inibidor ( $\text{CO}_2$ ) não reage com a enzima, mas com o complexo enzima-substrato. O modelo para essa inibição é mostrado pela equação (8).

$$r_{\text{O}_2} = \frac{Vm_{\text{O}_2} \cdot [\text{O}_2]}{Km_{\text{O}_2} + [\text{O}_2] \cdot \left(1 + \frac{[\text{CO}_2]}{Kmu_{\text{CO}_2}}\right)} \quad (8)$$

onde  $Kmu_{\text{CO}_2}$  é a constante de Michaelis-Menten para a inibição incompetitiva do  $\text{CO}_2$  sobre o consumo de  $\text{O}_2$ , dada em %  $\text{CO}_2$ .

A inibição não competitiva ocorre quando o inibidor ( $\text{CO}_2$ ) reage tanto com a enzima quanto com o complexo enzima-substrato. A equação (9) mostra o modelo para inibição não competitiva.

$$r_{\text{O}_2} = \frac{Vm_{\text{O}_2} \cdot [\text{O}_2]}{(Km_{\text{O}_2} + [\text{O}_2]) \cdot \left(1 + \frac{[\text{CO}_2]}{Kmn_{\text{CO}_2}}\right)} \quad (9)$$

onde  $Kmn_{\text{CO}_2}$  é a constante de Michaelis-Menten para a inibição não competitiva do  $\text{CO}_2$  sobre o consumo de  $\text{O}_2$ , dada em %  $\text{CO}_2$  (PEPPELENBOS; LEVEN, 1996).

### 4.3.2 Quociente respiratório

O “Quociente Respiratório” (Q.R), é indicativo do tipo de substrato que esta sendo utilizado (carboidratos, ácidos, lipídeos ou proteínas) pelo produto, bem como do tipo de respiração (aeróbica e anaeróbica). Entretanto, esse processo pode ser complexo, pois diferentes tipos de substratos podem ser utilizados num determinado espaço de tempo (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O Q.R. é obtido através da relação entre volume do CO<sub>2</sub> produzido e o volume de O<sub>2</sub> consumido pelo fruto ou outro órgão vegetal no processo de respiração pós-colheita. Sendo descrito pela equação (10) (FONSECA; OLIVEIRA; BRECHT, 2002).

$$RQ = \frac{0,727r_{CO_2}}{r_{O_2}} \quad (10)$$

onde 0,727 é a razão entre o peso molecular do O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>.

Dessa forma a medida do Q.R. representa 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; CHITARRA, 2005).

Se os substratos oxidados durante a respiração forem carboidratos o valor do quociente respiratório (Q.R.) é 1,0. Sendo os substratos consumidos lipídios o valor do Q.R é menor que 1,0. Quando durante a respiração os compostos oxidados são ácidos orgânicos o valor assumido pelo Q.R é maior que 1,0 (FONSECA; OLIVEIRA; BRECHT, 2000).

O Q.R é afetado tanto por fatores físicos (temperatura, coeficiente de difusão de O<sub>2</sub> e de CO<sub>2</sub>), como químicos (oxidação incompleta de substratos, utilização de CO<sub>2</sub> produzido em reações de síntese, tipo de substrato) (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

As frutas apresentam quociente respiratório geralmente acima de 1,0 devido à oxidação dos ácidos orgânicos. Segundo Beaudry et al., (1992) apud Fonseca, Oliveira e Brecht (2002) o quociente respiratório de mirtilos é igual a 1,3 e o substrato oxidado durante a respiração do fruto, como já esperado são os ácidos orgânicos.

## 4.4 Fatores que influenciam a taxa respiratória

### 4.4.1 *Atmosfera modificada*

A dificuldade no desenvolvimento de novos produtos utilizando vegetais frescos, em contraste com outros tipos de alimentos, está no fato de frutas e hortaliças continuarem suas atividades fisiológicas, consumindo oxigênio e liberando dióxido de carbono e vapor de água depois de embaladas (SCIFÒ et al., 2009).

Os sistemas com modificação da atmosfera reduzem a concentração de  $O_2$  e aumentam a concentração de  $CO_2$ , com o objetivo de reduzir a intensidade da respiração do produto e aumentar o seu tempo de vida útil, sem perda da qualidade (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Segundo Scifò et al., (2009) embalagens com atmosfera modificada tem sido desenvolvidas nas últimas décadas como uma técnica para manter a qualidade de vegetais, e tem sido aplicada com sucesso no aumento de vida de prateleira destes produtos.

O baixo nível de  $O_2$  e o alto nível de  $CO_2$  na embalagem com atmosfera modificada reduzem a respiração do produto, transpiração, atividades metabólicas, escurecimento, ação do etileno e do crescimento de microorganismos, especialmente quando em associação com a refrigeração, resultando num aumento de vida de prateleira do produto fresco (FONSECA et al., 2000).

A composição da atmosfera irá depender das características de permeabilidade do material da embalagem, da velocidade de consumo e da liberação de gases pelo produto embalado. O controle da respiração é obtido pelo uso de materiais que tenham características adequadas de permeabilidade, bem como pela temperatura de armazenamento (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A atmosfera modificada utilizada nestes produtos pode ser passiva, utilizando a propriedade de permeabilidade do material da embalagem, ou ativa onde se emprega uma mistura de gases específicos juntamente com o material permeável da embalagem. O objetivo de ambas as atmosferas é balancear o gás dentro da embalagem, onde a atividade respiratória do produto deve ser a menor possível. Em geral a composição dentro da embalagem deve estar em torno de 2-5%  $O_2$ , 2-5%  $CO_2$  e o restante nitrogênio (ALZAMORA; TAPIA; LOPEZ-MALO, 2000).

Para atmosfera modificada passiva, o ambiente atmosférico desejado é atingido por meio da respiração do produto e das trocas

gasosas (difusão de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>) através da embalagem com o meio externo. A relação entre a taxa de respiração do produto e a taxa de permeabilidade a gases da embalagem modifica passivamente a atmosfera ao redor do produto. Essa modificação passiva da atmosfera pode retardar a respiração, a senescência e, conseqüentemente, as alterações de qualidade advindas desses processos (ARAÚJO; CHITARRA, 2005)

Na embalagem com atmosfera modificada a composição normal do ar é alterada até o alcançar uma atmosfera ótima para redução da taxa de respiração do produto, preservando a qualidade e aumentando a vida de prateleira do produto (ARES et al., 2006).

O uso de atmosfera modificada passiva é um processo complexo com muitas interações entre diferentes componentes do sistema. Após o período de equilíbrio, condições estáveis podem se estabelecer dentro da embalagem, mas como o processo é um pouco complicado devido à varias interações entre os diferentes componentes do sistema (produto x gases x embalagem x temperatura x umidade relativa), deve-se estabelecer um modelo adequado para cada tipo de produto (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Segundo Ares et al., (2006), o tipo ideal de embalagem é aquele que possibilita concentração de O<sub>2</sub> suficientemente baixa para retardar a respiração, porém, esta redução na concentração de O<sub>2</sub> e o aumento na concentração de CO<sub>2</sub> não devem exceder um determinado limiar crítico.

A falta de oxigênio leva a respiração anaeróbica acompanhada por mau cheiro, devido à produção de substâncias voláteis, como o etanol e o acetaldeído. Condições Anaeróbicas podem levar ao crescimento de agentes patogênicos alimentares, tais como *Clostridium Botulinum* (ARES et al, 2006).

Alguns trabalhos têm demonstrado que o uso de atmosfera modificada passiva ou ativa pode aumentar a qualidade e a vida de produtos minimamente processados. Araujo, Machado e Chitarra (2005), mostraram que a utilização das atmosferas modificadas (passiva e ativas) foram eficientes na manutenção das propriedades físicas, físico-químicas e bioquímicas de melões *Orange Flesh* minimamente processados, armazenados a temperatura de 6°C durante os 8 dias.

Cocci et al., (2006) estudaram a utilização de atmosfera modificada ativa e passiva em maçãs minimamente processadas armazenadas a temperatura de 4°C durante 8 dias, tratadas com solução de ácido ascórbico e ácido cítrico, embaladas em filmes de polipropileno, tanto a atmosfera modificada passiva quanto a ativa apresentaram efeito preservativo para cor do produto, porém a atmosfera

modificada ativa mostrou resultados melhores.

Rocha e Morais (2001) mostraram que atmosfera controlada inibiu a atividade da polifenoloxidase de cubos de maçãs minimamente processadas. Os autores revelaram que quanto mais elevada à concentração de  $\text{CO}_2$ , maior a capacidade de inibição da polifenoloxidase.

Segundo Vieites et al., (2007) melões minimamente processados estocados a temperatura de  $5^\circ\text{C}$  durante um período de 10 dias, em atmosfera modificada mantiveram a textura mais firme.

Soliva-Fortuny e Martin-Belloso (2003) concluíram que a utilização da atmosfera modificada passiva, inibiu a proliferação da flora microbiana de peras minimamente processadas armazenadas a  $4^\circ\text{C}$  durante 30 dias de armazenamento.

#### ***4.4.2 Temperatura***

A temperatura é um dos fatores de maior influência na respiração, havendo um valor ideal para manutenção de cada tipo de produto vegetal, para que alcance um máximo de qualidade. Dentro de uma variação fisiológica própria de cada espécie, a taxa de respiração aumenta geralmente com a temperatura (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A temperatura afeta a vida pós-colheita da maioria dos vegetais. A deterioração de maçãs é reduzida quando a fruta é mantida a baixas temperaturas (abaixo de  $4^\circ\text{C}$ ). A baixa temperatura, os processos metabólicos são reduzidos, principalmente a respiração (KADER, 1986).

Utilizando juntamente com a refrigeração a atmosfera controlada, a respiração pode ser reduzida em até 50%, quando comparada com a taxa respiratória do produto armazenado apenas sob refrigeração (CHITARRA; CHITARRA, 1990). O armazenamento em atmosfera controlada é um método que permite maior tempo de conservação, pois combina baixas temperaturas, alta umidade e controle das pressões parciais de  $\text{O}_2$  e  $\text{CO}_2$  no interior das câmaras, o que diminui a atividade respiratória.

Em frutas e hortaliças minimamente processados, o controle da temperatura é uma das principais técnicas utilizadas para minimizar o efeito do corte. As temperaturas do local de processamento e da água de sanitização devem ser baixas, a fim de reduzir a taxa respiratória, bem como outras reações associadas à senescência (FONTES, 2005).

A maioria das reações metabólicas que ocorrem em frutas e



hortaliças são catalisadas por enzimas. Para o controle da atividade enzimática de frutas e hortaliças minimamente processadas é necessário a utilização de baixas temperaturas desde o processamento até a distribuição (WILEY,1997).

Estudos realizados por Donadon et al., (2004) mostram que a intensidade respiratória de laranjas pêra minimamente processadas, estocadas a 5°C, 10°C e 21°C, foi tanto mais elevada quanto maior a temperatura de armazenamento.

Segundo Arruda et al., (2003) as características físico-químicas de melão minimamente processado, foram mantidas quando armazenado a 3°C durante 9 dias, em três diferentes tipos de embalagem. A manutenção da firmeza e do brilho ocorreu devido à baixa temperatura de armazenamento (3°C), visto que não houve uma modificação efetiva da atmosfera na maioria das embalagens. Provavelmente a baixa temperatura reduziu a atividade das enzimas responsáveis pelo escurecimento enzimático e pela perda de firmeza.

Estudos realizados com Tangerinas Poncã, minimamente processadas armazenadas a 0° e 10°C por 12 dias, mostram que, quanto maior a temperatura de armazenamento, maiores as perdas de massa e aumento de pH (DAMIANI; BOAS; PINTO, 2008).

A baixa temperatura também é um dos fatores mais importantes para evitar o crescimento microbiano. Os microrganismos capazes de crescer na temperatura de refrigeração se denominam microrganismos psicotróficos. Os produtos minimamente processados são manipulados e armazenados sob refrigeração, assim os microrganismos psicotróficos são especialmente importante para este tipo de produto (WILEY,1997).

Laranjas pêra minimamente processadas armazenadas a 5°C e 10°C, apresentaram baixa contagem de mesófilos e psicotróficos, atestando a eficiência das práticas sanitizantes adotadas durante a preparação destes produtos e a importância do armazenamento a baixas temperaturas (DONADON et al., 2004).

Ainda que a refrigeração prolongue a vida útil da maior parte dos alimentos, algumas frutas e hortaliças procedentes de países tropicais e subtropicais sofrem alterações fisiológicas quando expostas à temperaturas inferiores às requeridas para seu armazenamento ótimo (ORDÓÑEZ, 2005). Por exemplo, a banana, abóbora pepino e tomate sofrem desordem pelo frio sob temperaturas inferiores a aproximadamente 11°C, ao passo que certas cultivares de pêra e maçã podem suportar longos períodos de armazenamento a 0°C (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A temperatura é um fator de grande importância para manutenção

de frutas minimamente processadas. Trabalhos realizados com estes produtos têm apresentado bons resultados quando utilizado baixas temperaturas.

Bhande, Ravindra e Goswami, (2008) comparam o efeito da temperatura na taxa respiratória de bananas armazenadas a temperatura de 10°C e 30°C. Encontraram valores maiores para taxa respiratória de bananas armazenadas a 30°C. Segundo os autores este resultado já era esperado, visto que a temperatura tem sido identificada como fator de maior influência na taxa respiratória de frutas.

Lee, Park e Choi (2003), conseguiram manter a firmeza e reduzir o escurecimento de maçãs minimamente processadas utilizando soluções conservadoras, armazenamento em atmosfera modificada passiva e temperatura de 3°C durante duas semanas.

Oliveira et al., (2007) avaliou a qualidade de mamão 'Golden' minimamente processado armazenado a temperaturas de 5°C e 10°C. Os autores concluíram que na temperatura de 5°C, o produto pode ser armazenado durante 8 dias, sem risco de contaminação e sem alterações significativas nas características físico-químicas.

#### **4.4.3 Embalagem**

O mercado Brasileiro de embalagens com atmosfera modificada tem crescido significativamente nos últimos anos tanto em variedade, quanto em diversidade de produtos embalados com essa tecnologia. Os avanços mundialmente observados no desenvolvimento das embalagens flexíveis para o acondicionamento desses alimentos, principalmente no tocante à oferta de uma extensa gama de filmes plásticos com diferentes graus de permeabilidade gasosa, muito tem contribuído para aumentar o interesse por esse mercado induzindo a uma crescente adoção de práticas de conservação dos vegetais em embalagens com atmosfera modificada (JUNQUEIRA; LUENGO, 1999).

A embalagem do produto é uma parte muito importante da produção de frutas e vegetais minimamente processados. O tipo de embalagem mais estudado para frutas e vegetais frescos é embalagem com atmosfera modificada.

As embalagens empregadas para as frutas e hortaliças minimamente processadas têm o objetivo de criar barreira que possa retardar a perda do *flavor* desejável e do vapor de água, enquanto restringe a troca de CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>, modificando a atmosfera em que o produto se encontra (FONSECA et al., 2000; LIMA, 2000).

Certamente, é difícil alcançar o objetivo de produzir frutas e hortaliças frescas prontos para o consumo de boa qualidade e com vida de prateleira prolongada. O principal problema é que existem poucos materiais de embalagem que são permeáveis o suficiente para regular a respiração de frutas e vegetais frescos. Muitos filmes não apresentam uma boa concentração de  $O_2$  e  $CO_2$  no interior da embalagem, principalmente se o produto apresenta alta taxa respiratória (ALZAMORA; TAPIA; LOPEZ, 2000).

O conhecimento das taxas gasosas no interior das embalagens, que acondicionam vegetais intactos e minimamente processados, é de grande importância para a manutenção da vida pós-colheita dos mesmos (PADULA, 2006).

Embora filmes poliméricos flexíveis sejam amplamente utilizados em embalagem com atmosfera modificada, estes materiais possuem algumas limitações: não são resistentes o suficiente, as características de permeabilidade mudam imprevisivelmente, apresentam boa barreira ao vapor de água causando condensação dentro da embalagem e consequentemente aumento no crescimento microbiano (FONSECA et al., 2000).

As limitações dos filmes poliméricos e o crescimento do interesse pela utilização de atmosfera modificada para produtos com alta taxa respiratória e produtos minimamente processados tem conduzido o desenvolvimento de novos materiais para embalagens (FONSECA et al., 2000).

A segurança microbiológica de embalagens para alimentos depende do tipo de material utilizado e da técnica empregada na embalagem do produto, por exemplo, os chamados “filmes inteligentes” são utilizados atmosferas controladas, atmosferas modificadas ou embalagem a vácuo. Estes filmes devido a sua seletiva permeabilidade juntamente com a refrigeração inibem o crescimento de microrganismos patogênicos indesejáveis (RONK; CARSON; THOMPON, 1989).

Materiais de embalagem como polipropileno biorientado (BOPP) e polietileno de baixa densidade (PEBD) têm sido bastante utilizados como embalagem para frutas e hortaliças minimamente processadas.

Pilon, (2003) encontrou bons resultados para as propriedades físico-químicas, análise microbiológica e sensorial de hortaliças minimamente processadas embaladas com filme multicamada laminado do tipo BOPP/PEBD (polipropileno biorientado e polietileno de baixa densidade).

Os filmes laminados de polipropileno biorientado com polietileno de baixa densidade (BOPP/PEBD), foram uma boa opção de material de

embalagem, para comercialização de hortaliças folhosas armazenadas a temperatura de  $5,5 \pm 1^\circ\text{C}$ , quando são usadas misturas gasosas com teor de oxigênio maior que 2%, evitando assim a respiração anaeróbica (SARANTOPOULOS; OLIVEIRA, 2002).

BRACKMANN et al., (2006) avaliaram embalagens de PEBD com espessuras 40 $\mu\text{m}$ , 60  $\mu\text{m}$  e 90  $\mu\text{m}$  e embalagens de PEMD (polietileno de média densidade) com espessuras de 40 $\mu\text{m}$  e 60 $\mu\text{m}$ , empregadas na conservação de melões híbridos minimamente processados armazenados a temperatura de  $4^\circ\text{C}$  durante 25 dias. Os filmes avaliados mantiveram de modo semelhante a qualidade dos melões. Porém, o filme de PEBD com espessura de 40 $\mu\text{m}$  apresentou maior concentração de  $\text{O}_2$  e menor de etileno.

#### **4.5 Tratamento químico: cloreto de cálcio e ácido ascórbico**

Modificações na coloração original, como o escurecimento, e o amaciamento constituem-se fatores limitantes na comercialização de frutas minimamente processadas. O controle deste fenômeno é crucial na comercialização de bananas, maçãs, pêras e pêssegos minimamente processados (VILAS BOAS, 2002).

A ruptura das células durante o fatiamento de vegetais minimamente processados é responsável pela perda de líquidos intracelulares, o qual pode ter impacto negativo na qualidade, afetando a cor, flavor, e também textura destes produtos. A cor é parâmetro crítico de qualidade de maçãs minimamente processadas, pois pode limitar a vida de prateleira desse produto consideravelmente (OLIVAS; MATTINSON; CANOVAS, 2006).

Tratamentos pós-colheita têm sido aplicados em fatias e pedaços de frutas com o objetivo principal de melhorar a qualidade e aumentar a vida de prateleira de produtos minimamente processados. Cloreto de cálcio tem sido utilizado como agente de firmeza para prolongar a vida de prateleira de maçãs minimamente processadas (GUZMAN; CANTWELL; BARRET, 1999).

O amaciamento da parede celular de vegetais envolve uma ação coordenada de enzimas. Tais enzimas atuam na despolimerização e solubilização de substâncias pécnicas hemicelulósicas que culminam com o amaciamento das frutas e hortaliças. Frutas minimamente processadas demonstram um amaciamento mais rápido que frutas intactas (VILAS BOAS, 2002).

Segundo Miguel, Dias e Spoto, (2007) o cálcio é um

macronutriente vegetal que desempenha função bioquímica importante e favorece numerosos processos metabólicos, como: formação da parede celular, regulação da funcionalidade da membrana celular, constituição da lamela média, além de ativar vários sistemas enzimáticos.

Em vegetais, o cálcio desempenha papel fundamental, pois afeta a qualidade do produto final e sua capacidade de armazenamento depois da colheita. Há relação direta entre o conteúdo de cálcio nos frutos com o amolecimento, firmeza e tempo de vida útil (MIGUEL; DIAS; SPOTO, 2007).

Outro problema importante encontrado quando se trabalha com frutas e hortaliças minimamente processados, entre os quais maçã e batatas fatiadas, é o escurecimento, o qual prejudica a aparência do produto (ALZAMORA; TAPIA; LOPEZ, 2000).

A comercialização de produtos minimamente processados, como maçãs é altamente influenciado pelas alterações que ocorrem na cor desta fruta, resultante de reações enzimáticas, de compostos fenólicos e da difusão do oxigênio atmosférico nos tecidos do fruto (PEREZ-GAGO et al., 2006). O escurecimento envolve a ação de polifenoloxidasas que catalisam a oxidação de fenóis a quinonas que se polimerizam dando origem a pigmentos escuros denominados melaninas (VILAS BOAS, 2002)

Em teoria, a polifenoloxidase (PFO) catalisadora do escurecimento de frutas e hortaliças pode ser inativada através do calor, exclusão de um ou ambos os substratos ( $O_2$  e fenóis), redução do pH, reações de inativação da enzima, ou adição de componentes que inibam a (PFO) ou a formação de melanina (ALZAMORA; TAPIA; LOPEZ, 2000).

O ácido ascórbico (AA) é um dos produtos mais utilizados para inibição do escurecimento. Este componente é muito efetivo na inibição do escurecimento enzimático de frutas e hortaliças, devido primeiramente a sua capacidade de reduzir quinonas antes destas reagirem e formarem pigmentos. Ácido ascórbico (AA) e seus derivados como AA-2-fosfato (AAP) e AA-2-triphosphate (AATP), tem sido usados como inibidores enzimáticos sozinhos ou combinados com outros inibidores para batatas e maçãs (ALZAMORA; TAPIA; LOPEZ, 2000).

Muitos estudos realizados com frutas e hortaliças minimamente processadas têm testado a eficiência de soluções contendo ácido ascórbico e cloreto de cálcio na preservação da qualidade destes vegetais. Um exemplo é o trabalho realizado por Soliva-Fortuny et al., (2001) com maçãs minimamente processadas da variedade *Golden*

*Delicious*, utilizando solução conservadora contendo 1% de ácido ascórbico e 0,5% de cloreto de cálcio, os autores verificaram a manutenção da coloração da fruta sem alterações significativas durante um período de 30 dias.

Carvalho e Lima (2002), afirma baseado em análises sensoriais, que fatias de kiwis tratadas com 1% de cloreto de cálcio, armazenados a temperatura de 1°C, apresentaram uma vida útil de 10 dias, enquanto fatias não-tratadas sob a mesma temperatura tiveram aceitação por um período de apenas com 6 dias.

Os autores Varela, Salvador e Fisman, (2007) conseguiram a manutenção da cor e textura de maçãs minimamente processadas armazenadas durante 16 dias, utilizando uma solução conservadora contendo 1% de cloreto de cálcio, 0,5% de ácido ascórbico e 0,1% de ácido propiônico.

Andrade (2006), verificou que soluções contendo cloreto de cálcio (1%) combinados ou não com ácido ascórbico (0,5%), preservaram as características sensoriais e físico-químicos de mamões minimamente processados, armazenados a 6°C por um período de 9 dias.

#### **4.6 Qualidade microbiológica de produtos minimamente processados**

O processamento mínimo por utilizar matéria-prima de origem vegetal, que está sujeita às diversas fontes de contaminação microbiana ao longo do seu cultivo e processamento, como água de irrigação, manipuladores, solo, equipamentos, utensílios e água de lavagem, exige a implementação de um sistema de garantia de qualidade por unidades que processam esse tipo de produto (CRUZ et al., 2006).

Os vegetais prontos para o consumo podem conservar sua microbiota após o processamento mínimo. A presença desta carga microbiana pode causar problemas na qualidade dos produtos, principalmente após o corte que deixa grandes áreas do vegetal exposta, liberando líquidos celulares e vasculares, permitindo a multiplicação bacteriana e deterioração dos produtos (SILVA, 2006).

Essas considerações são muito importantes no atual cenário onde ocorre uma mudança no padrão de consumo, e consequente aumento na demanda por frutas e hortaliças minimamente processados.

Apesar da produção de produtos minimamente processados não ser considerado um vetor de doenças de origem alimentar, essa

tecnologia estende a vida de prateleira do produto através da redução da taxa de deterioração, porém pode aumentar os riscos de doenças causadas por microorganismos patogênicos, especialmente os de natureza psicrotróficos (ALZAMORA; TAPIA; LOPEZ, 2000).

Dentre os microorganismos encontrados em vegetais minimamente processados, podem ser destacados as leveduras, coliformes totais, coliformes fecais, bolores e psicrotróficos (NEGUYEN; CARLIN, 1994). É fundamental análise de amostras do produto minimamente processado para coliformes, pois esse microorganismo pode contaminar o produto tanto no plantio e colheita quanto no processamento.

Segundo Pinheiro et al., (2005) amostras de goiaba, manga e mamão formosa minimamente processados analisadas apresentaram a incidência de coliformes totais de  $<3$  NMP/g a  $2,4 \times 10^6$  NMP/g. Das 20 amostras de abacaxi minimamente processadas analisadas, constatou-se a presença de coliformes totais e coliformes fecais com valores entre  $<3$  NMP/ a  $2,4 \times 10^3$  NMP/g. Dos frutos minimamente processados analisados, o que apresentou menor contagem de coliformes totais e fecais foi o abacaxi minimamente processado. Isto pode ser justificado pelo pH ácido deste fruto.

Os microorganismos psicrotróficos têm a temperatura ótima de crescimento entre 25°C e 35°C, mas podem multiplicar-se também a 5°C ou temperaturas inferiores. Ou seja, eles são predominantes e os principais causadores de alterações nos alimentos refrigerados (ORDÓÑEZ, 2005).

A Resolução Brasileira - RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001, para frutas frescas, "*in natura*", preparadas (descascadas, selecionadas ou fracionadas) sanificadas, refrigeradas ou congeladas, para consumo direto, determina que os valores de coliformes não devem ultrapassar  $5 \times 10^2$  UFC/g, estabelece também que deve ocorrer ausência de Salmonela em 25 g de amostra para este tipo de produto.

Assim, quando se trata de alimentos minimamente processados é importante à realização de algumas análises microbiológicas, tais como: contagem de Coliformes, Psicrotróficos e Salmonella para detectar o crescimento de algum microorganismo, e garantir a qualidade higiênico-sanitária destes produtos.

## REFERÊNCIAS

1. AHVENAINEN, R. New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. **Trends in Food Science & Technology**, v.7, 179-187 p. jun.1996.
2. ALZAMORA, S.M; TAPIA, M.S; LOPÉZ-MALO, A. **Minimally Processed Fruits and Vegetables, Fundamental Aspects and Applications**. Aspen Publishers, Inc. 2000. 358p.
3. ANDRADE, S. R. R. **Processamento mínimo de mamão (Carica papaya L.): efeitos de aditivos químicos e atmosfera modificada na qualidade do produto**. Piracicaba, 2006. 150p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo- SP.
4. ARAUJO, F.M.M.C; MACHADO, A.V; CHITARRA, A.B. Efeito da atmosfera modificada ativa na qualidade do melão '*orange flesh*' minimamente processado. **Revista Ciênc. agrotecnologia**. Lavras, v. 29, n. 4, p. 817-823. 2005.
5. ARES, G; PARENTELLI, C; GAMBARO, A; LAREO, C. LEMA, P. Sensory shelf life of shiitake mushrooms stored under passive modified atmosphere. **Journal of the Science of food and Agriculture**. v .87, 1645 – 1652 p. 2006.
6. BARBOSA, L.N. **Influência da temperatura na composição gasosa e nos parâmetros físico-químicos e sensoriais de cenoura orgânica (Daucus carota L. var. Brasília) minimamente processada**. 2007. 98p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.SC
7. BEAULIEU, J.C; OLIVEIRA, F.A.R; FERNANDES, T.D; FONSECA, S.C; BRECHT, J.K. Fresh-cut kale: quality assessment of portuguese storage supplied product for development of a MPA system. California: University of California. **Postharvest Horticulture**, 19, 1997. 145 -151 p.
8. BICO, S.L.S; RAPOSO, M.F.J; MORAIS, R.M.S.C; MORAIS, A.M.M.B. Combined Effects of Chemical Dip and/or Carrageenan



Coating and/or Controlled Atmosphere on Quality of Fresh-cut Banana. **Journal Food Control**, 20. 508-514p. .2009.

9. BHANDE S.D., RAVINDRA M.R., GOSWAMI T.K. Respiration rate of banana fruit under aerobic conditions at different storage temperatures. **Journal of Food Engineering**. 87, 2008. 116–123p.
10. BRACKMANN, A; EISERMANN, A.C; GIEHL, R.F.H; FAGAN, E.B; MEDEIROS, S.L.P; STEFFENS, C.A. Qualidade de Melões (*cucumis melo L.var.cantalupensis* Naud.), híbrido Torreón, produzidos em hidroponia e armazenados em embalagens de polietileno. **Revista Ciência Rural**. v. 36, n.4, p.1143-1149. 2006.
11. BRASIL. Agência Nacional de Vigilância. ANVISA. Resolução RDC nº12, de 02 de janeiro de 2001. Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Disponível em <http://www.anvisa.gov.br/legisl/resol.htm> Acesso em: 12 outubro, 2008.
12. CARVALHO, A. V; LIMA, L.C. Qualidade de Kiwis Minimamente processados e submetidos a tratamento com ácido ascórbico, ácido cítrico e cloreto de cálcio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** v. 37 n. 5, 2002.
13. CHITARRA, M.I.F; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de Frutas e Hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2ª Ed. Lavras:UFLA, 2005. 785p.
14. COCCI, E; ROCCULI, P; ROMANI, S; ROSA , M.D, 2005. Changes in nutritional properties of minimally processed apples during storage. **Postharvest Biology and Technology**, v.39, p. 265-271, 2006.
15. CRUZ, A. G., CENCI, S. A., MAIA, M. C. A. Pré-requisitos para implementação do sistema APPCC em uma linha de alface minimamente processada. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 26, p. 104-109. 2006.
16. CZELUSNIAK, C; OLIVEIRA, M.C.S; NOGUEIRA, A; SILVA, N. C.C; WOSIACKI, G. The Quality of Apples Produced in Brazil: Physical and Chemical Aspects. **Brazilian journal Food Technol.**, v.6, n.1, p.25-31, 2003.

17. DAMIANI, C; VILAS BOAS, E. V. B; PINTO, D. M. Processamento mínimo de tangerinas sob duas temperaturas. **Ciência e Agrotecnologia de Alimentos**. v.32.308-313p. 2008.
- 18. DOMINGUES, M.F.; AQUINO, A.C.; CARVALHO, M.G. Controle de qualidade em frutas e hortaliças minimamente processadas .Simpósio de Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2007.**
19. DONADON, J.R; DURIGAN, J.F; SOUZA, B.S; TEIXEIRA, G.H.A; SANCHES, J. Efeito do tipo de descasque e da temperatura de armazenamento na qualidade de laranjas 'Pêra' minimamente processadas. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 26 n.3. 2004.
20. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI). **A cultura da macieira**. 2ª Ed. Florianópolis, p. 642. 2002.
21. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI). **Maçã - Panorama nacional e estadual**. Florianópolis, 2008.
22. FENNEMA, O. R. **Food chemistry**. 3.Ed. New York: Marcel Dekker, p.1039.1996.
23. FIORAVANÇO, J.C. Maçã Brasileira: da importação a auto-suficiência e exportação – a tecnologia como fator determinante. **Revista Informações Econômicas-São Paulo/SP**. v.39, n.4. 2009.
24. FONSECA, S.C.; OLIVEIRA, F.A.R.; LINO, I.B.M.; BRECHT, J.K.; CHAU, K.V. Modelling O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> exchange for development of perforation-mediated modified atmosphere packaging. **Journal of Food Engineering**, v.43,9-15p.2000.
25. 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, 99-119 p. 2002.
26. FONTES, L. C.B. **Uso de solução conservadora e de películas comestíveis de maçãs da cultivar Royal Gala minimamente**

- processadas: efeito na fisiologia e na conservação.** 2005. 118p. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo. São Paulo –SP.
27. FREIRE, C.J.S. **A cultura da maçã.** Brasília: EMBRAPA-SP. 107p. (Coleção Plantar, 19). 1994.
28. GUZMAN, I; CANTWELL, M; BARRET, D. Fresh-cut cantaloupe; effects of  $\text{CaCl}_2$  dips and heat treatments on firmness and metabolic activity. **Postharvest Biology and Technology**, v. 17, p. 201-213. 1999.
29. JACOMINO A.P. ARRUDA M.C, MOREIRA R.C, KLUGER R.A. Processamento mínimo de frutas no Brasil. Universidade de São Paulo (USP-ESALQ), **Horticultura Brasileira**. 22, 79-86p. 2004.
30. JUNQUEIRA, A.H.; LUENGO, R.F.A. Mercados diferenciados de hortaliças. **Circular Embrapa**, n.17, p.1-7, 1999.
31. KADER, A.A. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. **Food Technology**, v. 40, n. 5, p. 99104,1986.
32. KREUZ, C. L.; ARGENTA, L. C. O uso do 1-MCP para a geração de valor na cadeia produtiva da maçã. **Revista Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.16. n. 2, p. 59-62. 2003.
33. 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.
34. LEE, J.Y; PARK, H.J; LEE C.Y, CHOI, W.Y, .Extending shelf-life of minimally processed apples with edible coatings and antibrowning agents. **Lebensm.-Wiss. U.-Technol**, v. 36, p. 323-329. 2003.
35. LIMA, L. C. O. Processamento mínimo de kiwi e mamão. **Anais: II Encontro Nacional Sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças**, p.195-209, 2000.
36. MIGUEL A.C.A; DIAS J.R.P.S; SPOTO M.H.F.Efeito do cloreto de cálcio na qualidade de melancias minimamente processadas. **Horticultura Brasileira**, v.25. 442-446p. 2007.

37. NGUYEN C; CARLIN F. The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition** n.34, 371-401 p. 1994.
38. OLIVAS, G.I; MATTINSON, D.S; CÁNOVAS, G.V, 2006. Alginate coatings of minimally processed ‘Gala’ apples. **Postharvest Biology and Technology**, v. 25, 89-96 p. 2007.
39. OLIVEIRA, A. M. C., **Estudo das características físico-químicas e microbiológicas de abacaxi (*Ananas comosus*), goiaba (*Psidium guajava L.*) e maracujá (*P. edulis L.*) minimamente processados.** 2005, p.12, 16-18. Dissertação Mestrado. Departamento de Tecnologia de Alimentos, UFCE.
40. OLIVEIRA, L.F.G; CARLOS, L.A; CORDEIRO, C.A.M; COELHO, E.M; ARAUJO,T.R. Qualidade de Mamão ‘Golden’ minimamente processado armazenado em diferentes temperaturas. **Ciência Agrária**. v.8, n.3, p.219-224, 2007.
41. ORDÓÑEZ, J.A. **Componentes dos Alimentos e Processos.** Tecnologia de Alimentos. v. 1 p.157-158. 2005.
42. PADULA, M.L. **Influência de diferentes tipos de embalagem em Brócolis (*Brassica oleracea L. var. Itálica*) orgânicos minimamente processados.** 2006. p.64. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis-SC.
43. PAULL, R.E; CHEN, W. Minimal processing of papaya (*Carica papaya L.*) ad the physiology of halved fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v 12, p. 93-99 , 1997.
44. 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.
45. PEREIRA, M.L.; RODRIGUES, C. A.; SARANTOPOULUS, I.C.; JUNQUEIRA, V. Vida de Prateleira de Goiaba Minimamente Processada acondicionadas em embalagens sob atmosfera modificada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.23 n.3 Campinas, 2003.

46. PEREZ-GAGO, M.B; SERRA, M; RÌO, M.A. Color change of fresh-cut apples coated with whey protein concentrated-based edible coatings. **Postharvest Biology and Technology**, n. 39, p. 84-92, 2006.
47. 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.
48. PINHEIRO N.M.S; FIGUEIREDO E.A.T; FIGUEIREDO R.W; MAIA G.A; MACHADO P.H. Avaliação da Qualidade Microbiológica de Frutos Minimamente Processados Comercializados em Supermercados de Fortaleza. **Rev. Bras. Fruticultura**. Jaboticabal - SP, v. 27, n. 1, p. 153-156. 2005.
49. PORTE, A; MAIA, L.H. Alterações fisiológicas, bioquímicas e microbiológicas de alimentos minimamente processados. **B.CEPPA**, Curitiba, v. 19, n. 1, p. 105-118, 2001.
50. ROCHA, A.M.C.N; MORAIS, A.M.M.B. Shelf life of minimally processed Apple (cv. Jonared) determined by colour changes. **Food Control**, v. 14, p. 13-20. 2003.
51. ROCCULI, P.; ROMANI, S.; ROSA, M.D. Evaluation of physico-chemical parameters of minimally processed apples packed in non-conventional modified atmosphere. **Food Research International** v. 37, 329-335 p. 2004.
52. RODRIGUES, L. K.; PEREIRA, L. M.; FERRARI, C. C.; SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; HUBINGER, M. D. Vida Útil de Fatias de Manga Armazenadas em Embalagem com Atmosfera Modificada Passiva. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28supl, p. 1-8, 2008
53. Ronk R.J., Carson K.L. and Thompson P. Processing, packaging and regulation of minimally processed fruits and vegetables. **Food Technology** 42(2): 136-139p. 1989.
54. SARANTOPOULOS, C. I. G. L.; OLIVEIRA, L. M. **Embalagens plásticas flexíveis: principais polímeros e avaliação de propriedades**.

1. ed. Campinas: CETEA/ITAL, v. 1. 267 p. 2002.
55. SCIFÒ, G.O; RANDAZZO, C.L; RESTUCCIA, C; FAVA, G; CAGGIA, C. *Listeria innocua* growth in fresh cut mixed leafy salads packaged in modified atmosphere. **Food Control** v. 20 p.611–617 (2009)
56. SILVA, G. C., **Estudo do efeito do tipo de corte, adição de cloreto de cálcio e ácido ascórbico nas características físicas, físico-químicas e microbiológicas do abacaxi minimamente processado**. 2001. p.20. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal do Ceara. Fortaleza.
57. SILVA, S.R.P. **Avaliação Bacteriológica e parasitológica em hortaliças minimamente processadas comercializadas em Porto Alegre-RS**. 2006. 76p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Agronomia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto alegre-RS
58. SOARES, N. F. **Efeito da embalagem na conservação de produtos minimamente processados**. 2003. 84p. Dissertação Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.
59. SOLIVA-FORTUNY, R.C; BELLOSO, O.M. Microbiological and Biochemical Changes in Minimally Processed Fresh-cut Conference Pears. **Eur Food Res Technol**, 217, 4–9p. 2003.
60. SOLIVA-FORTUNY, R.C; MIGUEL,N.G; SRRANO,I; GORINSTEIN, S; BELLOSO,O.M. Browning Evaluation of Read-to-Eat Apples as affected by Modified Atmosphere Packaging. **J. agric. Food Chemical**. v. 49 3685-3690p. 2001.
61. SOUZA E.C; VILAS BOAS, B.M.V; RODRIGUEZ, L.J; PAULA, N.R.F. Qualidade e Vida Útil de Pequi Minimamente Processado Armazenado sob Atmosfera modificada. **Ciências Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1811-1817. 2007.
62. VIEITES, R.L; EVANGELISTA, R.M; LIMA, L.C; MORAES, M.R; NEVES, L.C. Qualidade do melão ‘Orange Flesh’ minimamente processado armazenado sob atmosfera modificada. **Ciências Agrárias**. Londrina, v. 28, n. 3, p. 409-416. 2007.

63. VILAS BOAS, E. V. B. Tecnologia de processamento mínimo de banana, mamão e kiwi. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE PÓS-COLHEITA E PROCESSAMENTO MÍNIMO, 2002, Brasília. **Anais do Seminário Internacional de Pós-colheita e Processamento Mínimo**. Brasília : Embrapa, 2002. p. 1-7.

64. WILLS, R. H.; McGLASSON, W. B.; GRAHAM, D.; JOYCE, D. **Postharvest, an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals**. 4th ed. New York: CAB International, 262p. 1998.

65. WILEY, R.C. **Frutas y hortalizas minimamente processadas y refrigeradas**. Zaragoza:Acribia, 362p.1997.

66. YAMASHITA, F. Filmes e revestimentos biodegradáveis aplicadas à frutas e hortaliças minimamente processadas. **Anais do III Encontro Nacional Sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças**. Viçosa, MG, p. 57-62, 2004.

A dissertação esta dividida da seguinte forma:

- **Capítulo 1:** Influência da Temperatura na Taxa de Respiração e Parâmetros Físico-Químicos de Maçãs Minimamente Processadas Armazenadas sob Atmosfera Modificada.

- **Capítulo 2:** Influência da Temperatura nos Parâmetros Instrumentais e Aceitação Sensorial de Maçãs cv. Gala Minimamente Processada.



## CAPITULO 1

### **Artigo 1: Influência da Temperatura na Taxa de Respiração e Parâmetros Físico-Químicos de Maçãs Minimamente Processadas Armazenadas sob Atmosfera Modificada**

Cristiane Fagundes<sup>1</sup>; Bruno Augusto Matar Carciofi<sup>2</sup>; Alcilene Rodrigues Monteiro<sup>1</sup>

#### **Resumo**

O objetivo deste trabalho foi estudar a influência da temperatura nas taxas de respiração, parâmetros físico-químicos, e microbiológicos de maçã minimamente processada da variedade Gala, acondicionadas em embalagens flexíveis multicamada de (BOPP) e (PEBD). A determinação da composição gasosa de maçãs estocadas a temperaturas de 2°C, 5°C e 7°C, sob atmosfera modificada passiva, foi realizada durante oito dias, por cromatografia gasosa. As taxas respiratórias foram calculadas através de modelo matemático, baseado na cinética enzimática. A 2°C a concentração máxima de CO<sub>2</sub> foi de 7,98% e a menor concentração de O<sub>2</sub> foi de 6,89% no 8º dia. A 5°C os valores máximos para as concentrações de CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> foi de 10,45% e 4,55% respectivamente, ambos no 8º dia, assim como a 7°C as concentrações máximas de CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> foram de 12,61% e 3,96% respectivamente, no 8º dia de análise. As taxas respiratórias apresentaram o valor máximo a 2°C de 19,54 (mL CO<sub>2</sub>/Kg h) após 150 horas, a 5°C pico máximo atingido foi de 27,89 (mL CO<sub>2</sub>/Kg h) após 100 horas e a 7°C maior valor atingido foi 29,96 (mL CO<sub>2</sub>/Kg h) após 50 horas. A análise estatística mostrou que a taxa respiratória das maçãs mantidas a 2°C foi significativamente inferior àquelas armazenadas a 5°C e 7°C. Os resultados das análises físico-químicas indicam que houve redução no teor de umidade significativa durante o armazenamento nas temperaturas de 5°C e 7°C. O teor de sólidos solúveis totais apresentou decréscimo, entretanto, não significativo durante armazenamento nas três temperaturas, comportamento próximo foi observado para o teor de açúcares redutores. Houve redução nos valores de acidez titulável e aumento no pH ao longo do período de armazenamento, porém, sem apresentar diferenças significativas nas três temperaturas avaliadas. As análises microbiológicas mostraram que o produto não apresentou alteração microbiológica capaz de alterar a segurança do produto durante os 11 dias de armazenamento.

## Abstract

The aim of this work was to study the influence of temperature on respiration rates, physico-chemical and microbiological parameters in minimally processed apple (*Malus domestica*, B.) of the Gala variety, in the package flexible bags multilayer (BOPP) and (LDPE). Gas composition of apples was measured at storage temperature of 2°C, 5°C and 7°C under passive atmosphere, during eight days. The respiratory rates were calculated using a model based on enzymatic kinetics. At 2 °C the maximum concentration of CO<sub>2</sub> was 7.98% and the lowest concentration of O<sub>2</sub> was 6.89% in 8 days. The 5°C for the maximum concentrations of CO<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> was 10.45% and 4.55% respectively, both on the 8th day, and 7°C, the maximum concentrations of CO<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> was 12.61% and 3.96%, respectively, on the 8th day of analysis. The respiratory rate showed the maximum value at 2°C of 19.54 (mL CO<sub>2</sub>/Kg h) after 150 hours, at 5°C maximum reached was 27.89 (mL CO<sub>2</sub>/Kg h) after 100 hours and 7°C higher value was achieved 29.96 (mL CO<sub>2</sub>/Kg h) after 50 hours. Statistical analysis showed that the respiration rate of apples kept at 2°C was significantly lower than those stored at 5°C and 7°C. The results of physico-chemical analysis revealed: significantly reduction in water content over the period of storage at 5°C and 7°C; the total soluble solids showed no significant reduction over the period of storage at three temperatures, similar behavior of decreased presented by the reducing sugar content. Titratable acidity presented reducing and pH increased during storage period, however, not significant differences was observed in the three temperatures evaluated. The microbiological analysis indicated that the samples had no microbiological growth able to change the safety of the product during the 11 days of storage.

# 1 INTRODUÇÃO

A maçã é um dos frutos mais consumidos no mundo pelos seus atributos de qualidade nutricional e também por sua comercialização durante todo o ano. O consumo de produtos minimamente processados tem crescido, nos últimos anos, em escala comercial em função de sua comodidade de uso e apelo nutricional a saúde do consumidor. Entretanto, seu comportamento fisiológico difere dos produtos intactos, necessitando de maior atenção no manuseio e condições de estocagem (IQBAL, 2009).

O processamento mínimo rompe a integridade do tecido celular e, conseqüentemente ocorre aumento na atividade enzimática, respiração e atividade microbiana, provocando redução na sua vida útil (OLUSOLA, 2002). O uso de baixas temperaturas de armazenamento associado ao controle da composição gasosa tem gerado bons resultados na redução das atividades metabólicas desses produtos (ROCCULI et al, 2006; IQBAL, 2009).

A respiração é um processo metabólico que promove energia para os processos bioquímicos dos vegetais. Vários substratos são usados e formados durante a respiração. A respiração aeróbia consiste da quebra oxidativa de moléculas orgânicas simples, como dióxido de carbono e água, liberando energia. A quebra de substratos orgânicos neste processo pode incluir carboidratos, lipídios e ácidos orgânicos. Altas taxas respiratórias é um indicador da atividade metabólica dos tecidos vegetais, e assim torna-se um guia para a vida útil dos produtos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Em geral, o uso de atmosfera modificada, em conjunto com baixas temperaturas diminui as taxas respiratórias de frutas e hortaliças minimamente processadas em função da redução das atividades metabólicas pela diminuição da concentração de  $O_2$  e aumento da concentração de  $CO_2$  tendo como resultado o prolongamento da vida útil desses produtos (FONSECA et al., 2002; SOLIVA-FORTUNY, 2001).

A atmosfera modificada passiva (AMP) de produtos frescos permite a modificação dos gases no interior da embalagem obtida pela interação natural entre os dois processos, a respiração do produto e a permeação dos gases através da embalagem, tornando a atmosfera interna rica em  $CO_2$  e pobre em  $O_2$ . Sendo assim, a determinação das taxas respiratórias de frutas e produtos hortícolas minimamente processados é um fator chave para avaliar sua vida de prateleira (ALZAMORA; TAPIA ; LOPEZ-MALO, 2000).

Este trabalho teve como objetivo avaliar a influência da

temperatura nas concentrações de gases e na taxa de respiração de maçãs minimamente processadas associado à aplicação de inibidores de escurecimento e embalagem sob atmosfera modificada passiva.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Matéria-prima**

Os experimentos foram realizados com maçãs (*Malus domestica*, Borkh) da variedade Gala. Os frutos utilizados neste trabalho foram provenientes da Chácara POMERANA localizada no município de São Joaquim/SC, colheita de 2008 e armazenadas sob atmosfera modificada a 12°C. Os testes foram realizados no Laboratório de Propriedades Físicas de Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina.

### **2.2 Pré-tratamento: determinação das concentrações de inibidores**

Para evitar o escurecimento enzimático dos frutos processados testou-se uma combinação de ácido ascórbico (AA) e cloreto de cálcio ( $\text{CaCl}_2$ ), nas seguintes concentrações: 1% (AA) e 1% ( $\text{CaCl}_2$ ), 1,5% (AA) e 1,5% de ( $\text{CaCl}_2$ ), 2,0% de (AA) e 2,0% de ( $\text{CaCl}_2$ ), 2,0% de (AA) e 1,0% de ( $\text{CaCl}_2$ ).

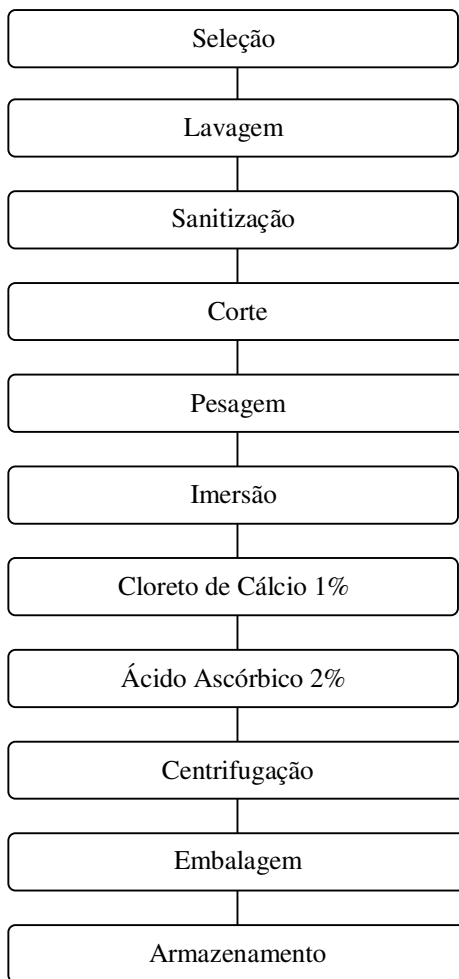
### **2.3 Processamento mínimo**

As maçãs foram inicialmente selecionadas quanto à integridade física, tamanho e cor, lavadas em água corrente, e imersas em solução de hipoclorito de sódio de concentração 100 ppm, por 20 minutos. Em seguida as maçãs foram cortadas em fatias de espessura 0,5 cm, com casca.

As fatias de maçãs foram imersas na solução, com concentrações previamente definidas, de cloreto de cálcio a 1% durante 5 minutos e em seguida imersas em solução de ácido ascórbico a 2% também durante 5 minutos. As amostras foram centrifugadas com centrifuga manual, para retirada do excesso de água e em seguida 200 gramas de maçãs foram acondicionadas em embalagem multicamadas de polipropileno biorientado (BOPP), e polietileno de baixa densidade (PEBD), e finalmente seladas em seladora da marca Sulpack.

As amostras acondicionadas foram armazenadas em câmaras BOD da marca Expectron Tecnologia Industrial Ltda., modelo ECB-EX, com controlador de temperatura, à 2°C, 5°C, e 7°C, e umidade relativa entre 74%±2 a 78%±2, por um período de 11 dias. A Figura 1 apresenta o fluxograma do processamento.

As embalagens utilizadas foram desenvolvidas pela empresa Lamine Ltda, situada no estado de São Paulo, constituída de polipropileno biorientado (BOPP), e polietileno de baixa densidade (PEBD) e cedida para realização deste trabalho. As embalagens utilizadas apresentam as seguintes permeabilidades: 6,25 (mL/m<sup>2</sup>.h.atm), para o oxigênio e 17,09 (mL/m<sup>2</sup>.h.atm), para o dióxido de carbono.



**Figura 1.1** - Fluxograma do processamento mínimo de maçãs

## 2.4 Determinação da Concentração de Gases no Interior das Embalagens

As concentrações de CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> no interior das embalagens foram determinadas por cromatografia gasosa utilizando-se 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 130°C e a coluna de 50°C e corrente de 240mA. As amostras de gás padrão foram retiradas à pressão de 1 atm.

Para coleta dos dados foi adaptado um septo de borracha no lado externo da embalagem e o gás foi retirado com uma seringa de 1μL e injetado no cromatógrafo. As análises foram realizadas em triplicata por embalagem e por tratamento durante oito dias, sendo as amostras destrutivas.

## 2.5 Taxa de Respiração

O modelo baseado na cinética enzimática descrito por LEE (1996), foi empregado para ajustar dados de concentração, e gerar dados de taxa de respiração, a partir dos dados experimentais, através de um programa computacional desenvolvido aplicando o método Gauss-Newton para soluções das equações do modelo.

O modelo para determinar as taxas de respiração de vegetais em sistemas permeáveis, esta descrito pelas equações (1) e (2) (Lee, 1996).

$$r_{O_2} = -\frac{d[O_2]}{100dt} \left( \frac{V}{m} \right) + \frac{SP_{O_2} (0,21 - [O_2]/100)p}{mL} \quad (1)$$

$$r_{CO_2} = +\frac{d[CO_2]}{100dt} \left( \frac{V}{m} \right) + \frac{SP_{CO_2} (0,21 - [CO_2]/100)p}{mL} \quad (2)$$

onde  $r_{O_2}$  é a taxa respiratória em função do consumo de O<sub>2</sub>, expressa em mL/kg.h,  $r_{CO_2}$  é a taxa respiratória em função da produção de CO<sub>2</sub>, expressa em mL/kg.h, [O<sub>2</sub>] e [CO<sub>2</sub>] 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<sup>2</sup>), P<sub>O<sub>2</sub></sub> e P<sub>CO<sub>2</sub></sub> são a permeabilidade do filme para O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> (mL/m<sup>2</sup>.h.atm), respectivamente, t o tempo (h), V<sub>m</sub> o volume livre da embalagem (mL) e m a massa de

produto acondicionado na embalagem (kg).

Os parâmetros de ajuste do modelo foram obtidos utilizando-se as equações (3) e (4) (Lee 1996):

$$[O_2] = 21 - A_1 \left[ 1 - e^{-(B_1 + C_1 t)^{D_1}} \right] \quad (3)$$

$$[CO_2] = A_2 \left[ 1 - e^{-(B_2 + C_2 t)^{D_2}} \right] \quad (4)$$

Sendo  $A_1$ ,  $B_1$ ,  $C_1$  e  $D_1$  os parâmetros obtidos para o ajuste das concentrações de  $O_2$ , e os parâmetros  $A_2$ ,  $B_2$ ,  $C_2$  e  $D_2$  obtidos para o ajuste das concentrações de  $CO_2$ .

Os valores de cada parâmetro, fornecidos pelo programa, para cada temperatura estão descritos abaixo:

2°C:  $A_1$ :16,29,  $B_1$ :0,64,  $C_1$ :0,075 e  $D_1$ :1,73

$A_2$ : 9,35,  $B_2$ :2,48,  $C_2$ :0,076 e  $D_2$ :0,74

5°C:  $A_1$ :17,10,  $B_1$ :0,35,  $C_1$ :0,013 e  $D_1$ :1,61

$A_2$ : 11,63,  $B_2$ :0,25,  $C_2$ :0,096 e  $D_2$ :1,17

7°C:  $A_1$ :14,79,  $B_1$ :0,73,  $C_1$ :0,056 e  $D_1$ :1,28

$A_2$ : 11,72,  $B_2$ :0,22,  $C_2$ :0,047 e  $D_2$ :1,64

## 2.6 Parâmetros Cinéticos

Para descrever a relação entre a concentração de  $O_2$  e o consumo de  $O_2$  aplicou-se a equação (5).

$$r_{O_2} = \frac{Vm_{O_2} \cdot [O_2]}{Km_{O_2} + [O_2]} \quad (5)$$

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 %  $O_2$ .

O mecanismo de inibição de Michaelis-Menten, foi descrito a partir das equações 6, 7 e 8, usando as concentrações de  $O_2$  e  $CO_2$  calculados a partir dos dados gerados pelo programa. A inibição competitiva, incompetitiva e não competitiva foram descritas pelas equações 6, 7 e 8, respectivamente.



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

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

$$r_{O_2} = \frac{Vm_{O_2} \cdot [O_2]}{(Km_{O_2} + [O_2]) \left( 1 + \frac{[CO_2]}{Kmn_{CO_2}} \right)} \quad (8)$$

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 %  $CO_2$ ,  $Kmu_{CO_2}$  é a constante de Michaelis-Menten para a inibição incompetitiva,  $Kmn_{CO_2}$  é a constante de Michaelis-Menten para a inibição não competitiva do  $CO_2$  sobre o consumo de  $O_2$  (PEPPELENBOS; LEVEN, 1996).

Para avaliar a relação entre volume do  $CO_2$  produzido e o volume de  $O_2$  consumido pelo fruto, foi calculado o quociente de respiração (QR) aplicando a equação (10) (FONSECA; OLIVEIRA; BRECHT, 2002).

$$QR = \frac{0,727 r_{CO_2}}{r_{O_2}} \quad (9)$$

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

## 2.7 Energia de Ativação

A equação de Arrhenius (equação 10) foi usada para avaliar a influência da energia de ativação ( $E_a$ ) na taxa respiratória das fatias de maçã.

$$k(T) = k_0 \exp\left(\frac{-E_a}{RT}\right) \quad (10)$$

onde  $k(T)$  representa a taxa respiratória do produto em função da temperatura (mL / kg h),  $k_0$  é a constante pré-exponencial,  $E_a$  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 (10).

## **2.8 Parâmetros físico-químicos**

As análises físico-químicas realizadas neste estudo foram: conteúdo de umidade, acidez total titulável, pH, sólidos solúveis totais e açúcares redutores. As análises foram realizadas em triplicata de experimentos e por embalagem a cada dois dias até o 11º dia de armazenamento do produto.

### **2.8.1 Conteúdo de Umidade**

A determinação do conteúdo de umidade foi realizada de acordo com A.O.A.C. (2002). 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.

### **2.8.2 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 um liquidificador doméstico da 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). A acidez foi calculada através da equação (11) e os resultados expressos em porcentagem de ácido málico.

$$\% \text{ de ácido málico} = \frac{V \cdot f \cdot N \cdot PE \cdot 100}{P} \quad (11)$$

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.

### **2.8.3 pH**

A determinação do pH foi realizada diretamente no suco das maçãs. O suco puro das maçãs foi obtido por compressão da polpa da fruta até a obtenção de 30ml de suco. O pH das maçãs foi determinado utilizando-se um pHômetro digital marca Quimis, modelo Q 400A.

### **2.8.4 Sólidos Solúveis Totais**

O teor de sólidos solúveis totais das amostras foi determinado no suco de maçãs 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.

### **2.8.5 Açúcares Redutores**

O conteúdo de açúcares redutores presentes nas amostras foi determinado pelo Método DNS (ácido 3,5 dinitrissalissílico), descrito por Miller (1959). Foram adicionados a um tubo de ensaio 100 µL de suco de maçã e 12,0 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 da curva padrão obtida para a absorbância (540 nm) em função da concentração de glicose (g / L).

## **2.9 Análise Microbiológica**

As análises microbiológicas de Coliformes Totais, Psicrotróficos e Salmonella foram realizadas no Laboratório de Análises do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos – LABCAL da UFSC, no 1º, 6º e 11º dia de armazenamento, para as três temperaturas

estudadas. As análises foram realizadas de acordo com APHA, (2001).

## **2.10 Análise Estatística**

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 ( $p < 0,05$ ) foram submetidos ao teste de médias (Tukey). As influências do período de armazenamento e temperatura foram avaliadas.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

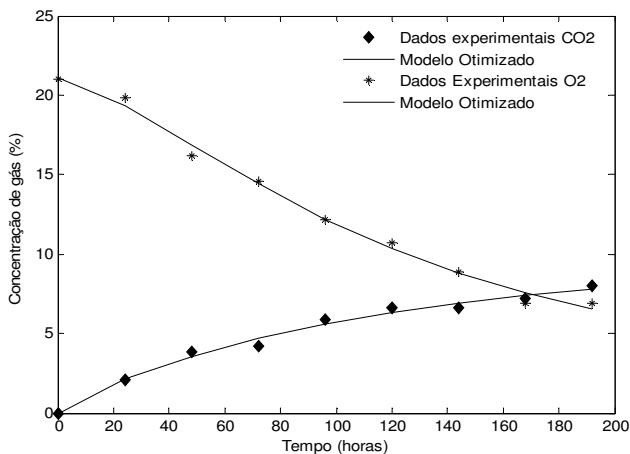
#### 3.1 Determinação das Concentrações de Inibidores

Os melhores resultados quanto ao aspecto visual das amostras de maçãs minimamente processadas foram encontrados nas concentrações 2,0% de ácido ascórbico (AA) e 1,0% cloreto de cálcio (CaCl<sub>2</sub>), utilizadas para realização deste estudo.

#### 3.2 Determinação da Composição Gasosa

A concentração de gases no interior da embalagem foi avaliada durante oito dias, período necessário para alcançar o equilíbrio das concentrações de oxigênio (O<sub>2</sub>) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

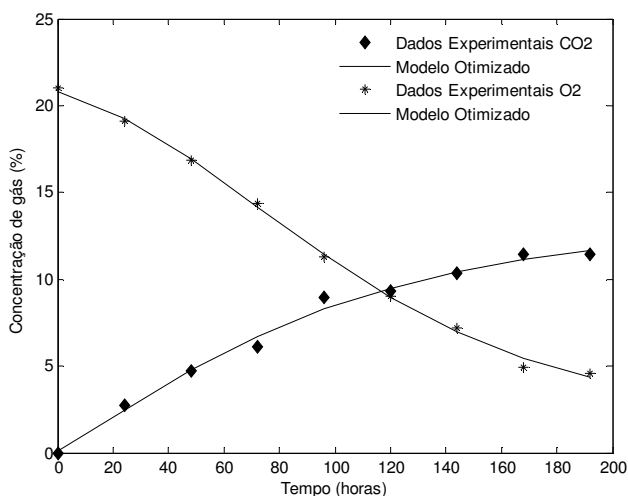
As Figuras 2, 3 e 4 mostram os resultados da concentração dos gases de maçãs minimamente processadas no interior das embalagens. Para as amostras, armazenadas a temperatura de 2°C verificou-se uma redução no teor de O<sub>2</sub> de 21% (1º dia) para 6,89% (8º dia) e um aumento na concentração de CO<sub>2</sub> de 0,02% (1º dia) para 7,98% no (8º dia), como pode ser observado na Figura 2. As amostras apresentaram bom ajuste do modelo aos dados experimentais, verificado através do valor R=0,9561.



**Figura 1. 2** - Evolução das concentrações de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> de maçãs minimamente processadas, armazenadas a 2°C, 5°C e 7°C.

Para amostras armazenadas a 5°C, verificou-se uma redução na concentração de O<sub>2</sub> de 21% (1º dia) para 4,55% (8º dia de análise) e um aumento na concentração de CO<sub>2</sub> de 0,02% (1º dia) para 10,45% (8º dia de análise), resultado que pode ser observado através da Figura 3.

Para as amostras armazenadas a temperatura de 7°C, a variação na concentração de O<sub>2</sub> foi de 21% (1º dia) para 3,96% (8º dia de análise) e aumento na concentração de CO<sub>2</sub> de 0,02% para 12,61%, conforme Figura 4. Tanto a temperatura de 5°C quanto a 7°C o modelo apresentou um bom ajuste aos dados experimentais, com R= 0,9670 e R= 0,9421, respectivamente.

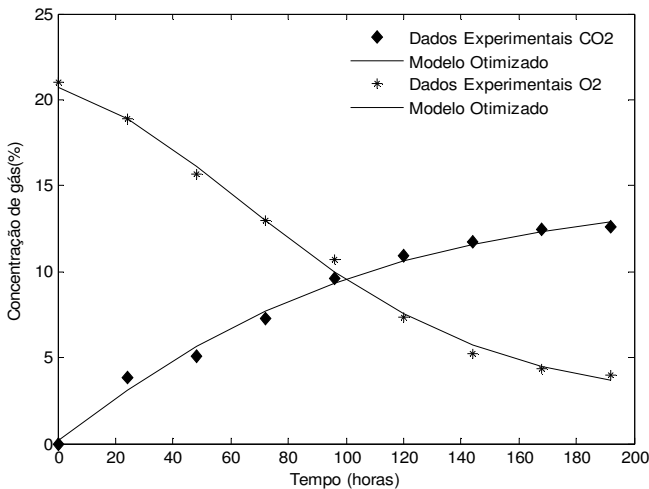


**Figura 1.3** - Evolução das concentrações de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> em função do tempo, para os dados experimentais e modelo ajustado, de maçãs minimamente processadas, armazenadas a 5°C

Através dos resultados dos ajustes observa-se que o modelo de Lee et al.,(1996), baseado na cinética de enzimática pode ser aplicado para sistema permeável sob atmosfera modificada passiva em embalagem multicamada de BOPP e PEBD, usando a maçã como produto.

Observou-se diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre as concentrações de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> para temperatura 2°C com as temperatura de 5°C e 7°C durante todo o período de armazenamento, já entre as temperaturas de 5°C e 7°C as diferenças são significativas ( $p \leq 0,05$ ) apenas nos 6 primeiros dias de estocagem. Sendo que no período final

do armazenamento com o aumento da temperatura ocorre aumento da concentração final de  $\text{CO}_2$ , e redução da concentração final de  $\text{O}_2$ . Esse comportamento é explicado pela elevação da atividade metabólica do vegetal. Para as temperaturas mais elevadas houve redução mais rápida e acentuada da concentração de  $\text{O}_2$  e um aumento mais rápido e acentuado para concentração de  $\text{CO}_2$  ao longo do tempo.



**Figura 1.4** - Evolução das concentrações de  $\text{O}_2$  e  $\text{CO}_2$  em função do tempo, para os dados experimentais e modelo ajustado, de maçãs minimamente processadas, armazenadas a  $7^\circ\text{C}$ .

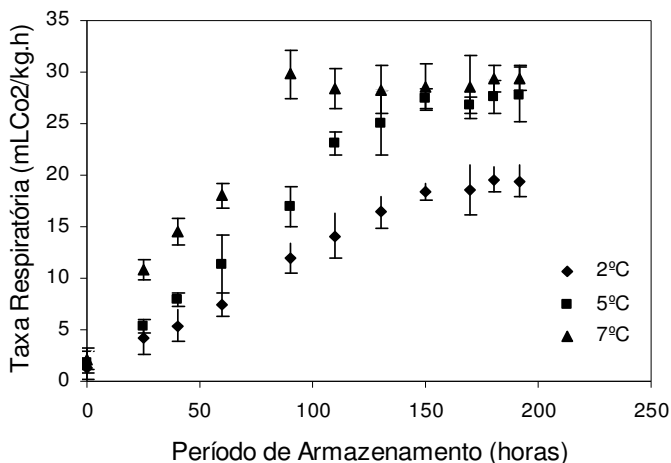
Rocculi et al., (2006) avaliaram as alterações que ocorrem nas concentrações de  $\text{O}_2$  e  $\text{CO}_2$ , no interior de embalagens contendo maçãs da variedade *Golden Delicious* minimamente processadas, utilizando atmosfera modificada passiva, em amostras tratadas com solução de 1% ácido ascórbico e 1% de ácido cítrico. Os resultados encontrados mostram uma redução na concentração de  $\text{O}_2$  e aumento na concentração  $\text{CO}_2$  ao longo do armazenamento. Os autores consideraram a concentração de 1% de  $\text{O}_2$  dentro da embalagem como limite mínimo para que ainda ocorra respiração aeróbica. Para maçãs embaladas com atmosfera modificada passiva armazenada a  $4^\circ\text{C}$ , os autores encontraram valores para concentração  $\text{O}_2$  em torno de 14% e concentração de  $\text{CO}_2$  de 8%, após 60 horas de armazenamento. Valores próximos aos encontrados neste trabalho, para temperatura de  $5^\circ\text{C}$ , onde a concentração de  $\text{O}_2$  foi 14,35% e concentração de  $\text{CO}_2$  de 6,93% em

72 horas de armazenamento.

Segundo Francis, Thomas e O'beirne (1999), vegetais 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  $O_2$  que variem de 2 % a 5 % e níveis de  $CO_2$  de 3 % a 10 %, que combinados com a refrigeração reduzem a taxa respiratória, o crescimento microbiano, alterações nas características dos produtos e, conseqüentemente, prolongam sua vida de prateleira. Os valores de concentração de  $O_2$  e  $CO_2$  encontrados neste estudo estão próximos aos níveis de concentrações citados por estes autores como ideais para prolongar a vida de prateleira de vegetais prontos para o consumo.

### 3.3 Taxa Respiratória de Maçãs Minimamente Processadas

A taxa respiratória foi calculada utilizando os dados de concentração de  $O_2$  e  $CO_2$  através das equações (1) e (2) aplicando método computacional e expressa em  $mLCO_2/Kg.h$  (Figura 5).



**Figura 1.5** - Taxa respiratória ( $mL CO_2/Kg h$ ) de maçãs minimamente processada armazenada a 2°C, 5°C e 7°C.

As amostras mantidas a 2°C atingem a taxa máxima respiratória de 19,54 ( $mLCO_2/Kg.h$ ) após 150 horas de armazenamento. Para as amostras a 5°C, a máxima taxa respiratória foi de 27,89 ( $mLCO_2/Kg.h$ ),



após 100 horas de armazenamento. Amostras armazenadas a 7°C apresentaram valor máximo respiratório de 29,96 (mLCO<sub>2</sub>/Kg.h), após 50 horas de estocagem. Observa-se pelos resultados obtidos que a temperatura de 7°C apresentou a maior taxa respiratória em um menor tempo de estocagem.

Os resultados mostraram diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre as taxas respiratórias ao longo do período de armazenamento para todas as temperaturas. Entretanto, nas temperaturas de 2°C e 7°C não houve diferenças significativas entre os dados obtidos para os dias 6, 7 e 8. Enquanto para a temperatura de 5°C não houve diferença significativa ( $p \geq 0,05$ ) para os dias 7 e 8, provavelmente devido a estabilização da taxa respiratória.

Quando a análise foi realizada entre as temperaturas, observou-se diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) da taxa respiratória entre a temperatura de 2°C e as demais temperaturas, em todo período analisado.

Ao compararmos taxa respiratória e as concentrações de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>, confirma-se que nas temperaturas superiores, maior e mais rápida é atividade metabólica das amostras e conseqüentemente maior sua taxa respiratória. Embora, a taxa máxima de respiração, expresso através das taxas respiratórias, tenha ocorrido mais rápida a 7°C, no quarto dia, visualmente as amostras de maçã mostravam aspecto de frescor. Resultado favorecido provavelmente, pela concentração de O<sub>2</sub>, que permaneceu acima do limite mínimo de oxigênio (3,96%) para que não houvesse anaerobiosidade. Rocculi et al., (2006) considera que a concentração de 1% de O<sub>2</sub> provoca respiração anaeróbica em maçãs da variedade “*Golden Delicious*”, minimamente processadas.

Segundo Streif (2002), a eventual ocorrência de respiração anaeróbica durante o armazenamento em atmosfera modificada, possivelmente ocorre quando baixas concentrações permanecem em níveis baixos por longos períodos, provocando a produção e acúmulo de etanol e/ou acetaldeído nas amostras e o aparecimento de “of flavor” prejudicando sua vida útil, características não observadas neste trabalho para as maçãs minimamente processadas.

Segundo Johnston et al., (2001), a temperatura afeta rigorosamente a vida pós-colheita da maioria dos vegetais. Segundo os autores, a temperatura ótima para manter a qualidade de maçãs varia de 0°C a 3°C dependendo do cultivar, neste estudo verificou-se que a temperatura de 2°C reduziu significativamente a taxa respiratória das maçãs mantendo melhor a qualidade do produto.

Fontes, (2005) encontrou taxas respiratórias máximas de aproximadamente 9,5 (mLCO<sub>2</sub>/kg.h), para maçãs da variedade Gala

armazenadas a 2°C por um período de 13 dias, tratada com solução conservadora contendo ácido ascórbico, ácido cítrico e cloreto de cálcio. Neste estudo a taxa máxima respiratória foi de 19,54 (mLCO<sub>2</sub>/kg.h), para as maçãs armazenadas a mesma temperatura durante 9 dias. Valores diferenciados encontrados em estudos da taxa respiratória de vegetais podem estar relacionados à variedade da matéria-prima, condições de cultivo, estágio de maturidade, armazenamento, colheita entre outros.

### 3.4 Parâmetros Cinéticos

A troca gasosa entre as amostras de maçãs minimamente processadas e embalagem foi descrita através da cinética enzimática de Michaelis-Menten. A Tabela 1 mostra os parâmetros cinéticos obtidos por análise de regressão das curvas das taxas respiratórias, a partir de dados experimentais do consumo de O<sub>2</sub>. Os valores de V<sub>mO<sub>2</sub></sub> e K<sub>mO<sub>2</sub></sub> e K<sub>mCO<sub>2</sub></sub> para os diferentes modelos e temperaturas mostraram diferenças entre si ao nível de 5% de significância. Os valores de porcentagem de variância R<sup>2</sup> para os modelos dos diferentes tipos de inibição mostram que houve efeito do CO<sub>2</sub> no consumo de O<sub>2</sub>. Para o modelo sem inibição os valores de R<sup>2</sup> são menores, indicando resultados menos consistentes. O modelo competitivo gera os melhores resultados, principalmente a temperatura de 5°C. Sendo este provavelmente, o mecanismo de inibição predominante no processo de respiração de maçãs minimamente processadas, estudadas neste trabalho. Neste caso, tanto o inibidor quanto o substrato competem pelo mesmo sítio ativo.

Peppelenbos e Leven (1996) avaliaram o tipo de inibição que ocorreu em maçãs da variedade *Golden Delicious* e *Elstar* armazenadas a temperatura de 19°C sob atmosfera modificada ativa, comparando os valores encontrados de porcentagem de variância (R<sup>2</sup>) do modelo sem e com inibição do CO<sub>2</sub> para as duas variedades. Os valores de R<sup>2</sup> tanto para o modelo sem inibição quanto para os modelos com inibição competitiva, incompetitiva e não competitiva foram muito próximos em ambas as variedades de maçãs analisadas, não evidenciando nenhum tipo de inibição do CO<sub>2</sub>.

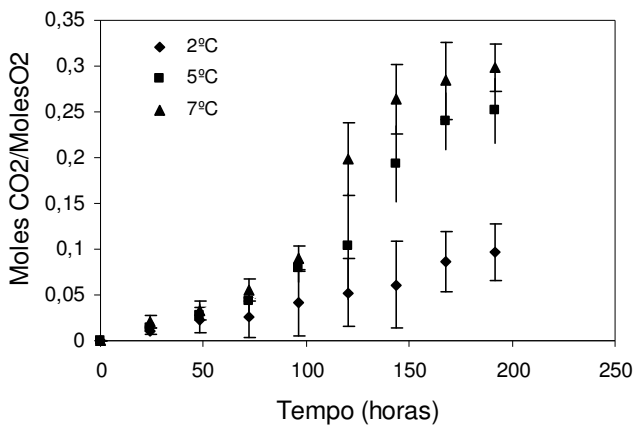
Observa-se neste trabalho que consumo máximo de O<sub>2</sub> (V<sub>mO<sub>2</sub></sub>) foi maior para todos os modelos a temperatura de 7°C, o que mostra provável influência da temperatura de armazenamento neste parâmetro. Dois fatores podem influenciar o comportamento dos parâmetros cinéticos: o aumento da concentração de CO<sub>2</sub> ou a diminuição da concentração do O<sub>2</sub>. As Figuras 6, 7 e 8 mostram o comportamento

entre a produção de  $\text{CO}_2$  e consumo de  $\text{O}_2$ . Observa-se através da Figura 6 que após 100 horas de estocagem ocorre um aumento significativo da relação entre os moles de  $\text{CO}_2$  produzidos e moles de  $\text{O}_2$  consumidos, para as temperaturas de  $5^\circ\text{C}$  e  $7^\circ\text{C}$ , confirmando a influência da produção de  $\text{CO}_2$  no consumo de  $\text{O}_2$ .

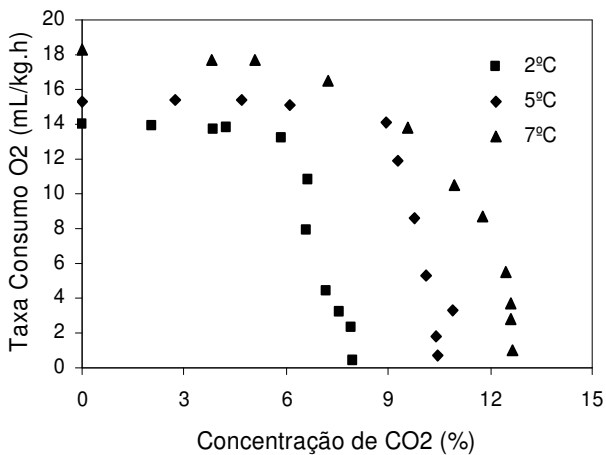
As Figuras 7 e 8 mostram as respostas de inibição no processo de respiração das maçãs estudadas neste trabalho. Observa-se que quanto menor as concentrações de  $\text{CO}_2$  maior é o consumo de  $\text{O}_2$ . Por outro lado, a Figura 8 mostra comportamento contrário quando se analisa o comportamento do  $\text{O}_2$ . O consumo de  $\text{O}_2$  é maior quanto maior é a sua concentração. A Figura 7 mostra também que a máxima taxa de respiração é baixa em altas concentrações de  $\text{CO}_2$ , este resultado evidência novamente que o mecanismo de inibição predominante no processo de respiração de maçãs minimamente processadas, estudadas neste trabalho é o competitivo, já observado pelos valores de  $R^2$  (Tabela 1). A inibição competitiva ocorre quando ambos o inibidor ( $\text{CO}_2$ ) e o substrato competem pelo mesmo sitio ativo da enzima. Assim, a taxa máxima de respiração em termos de consumo de  $\text{O}_2$  é baixa em altas concentrações de  $\text{CO}_2$  (FONSECA; OLIVEIRA; BRECHT, 2002).

**Tabela 1. 1** - Parâmetros cinéticos obtidos a partir dos dados experimentais do consumo de  $\text{O}_2$  versus a concentração.

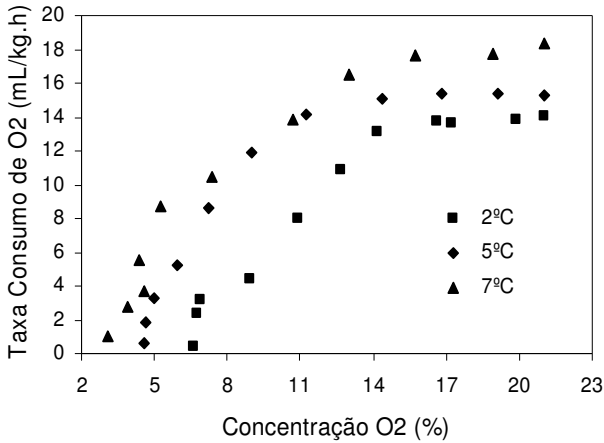
Sem Inibição				
	$R^2$	$V_{m\text{O}_2}$ (mL/kggh)	$K_{m\text{O}_2}$ (%)	
$2^\circ\text{C}$	90,9	27,88	11,99	
$5^\circ\text{C}$	89,6	23,13	10,82	
$7^\circ\text{C}$	92,8	34,41	9,96	
Modelo Competitivo (1)				
	$R^2$	$V_{m\text{O}_2}$ (mL/kggh)	$K_{m\text{O}_2}$ (%)	$K_{m\text{CO}_2}$ (%)
$2^\circ\text{C}$	98,7	25,57	9,99	32,11
$5^\circ\text{C}$	99,4	29,23	10,52	37,85
$7^\circ\text{C}$	97,9	33,72	12,34	41,22
Modelo Incompetitivo (2)				
	$R^2$	$V_{m\text{O}_2}$ (mL/kggh)	$K_{m\text{O}_2}$ (%)	$K_{m\text{incCO}_2}$ (%)
$2^\circ\text{C}$	90,9	28,45	11,87	29,56
$5^\circ\text{C}$	89,6	26,64	11,76	26,41
$7^\circ\text{C}$	92,8	36,22	10,94	23,32
Modelo Não Competitivo (3)				
	$R^2$	$V_{m\text{O}_2}$ (mL/kggh)	$K_{m\text{O}_2}$ (%)	$K_{m\text{CO}_2}$ (%)
$2^\circ\text{C}$	90,9	29,62	12,7	52,14
$5^\circ\text{C}$	90,6	25,27	10,91	36,72
$7^\circ\text{C}$	95,4	35,48	11,36	49,33



**Figura 1. 6** - Comportamento da razão entre moles de CO<sub>2</sub> por moles de O<sub>2</sub> durante o período de armazenamento de 192 horas.



**Figura 1. 7** - Comportamento do consumo de O<sub>2</sub> em função da concentração de CO<sub>2</sub>



**Figura 1. 8** - Comportamento do consumo de O<sub>2</sub> em função da concentração de O<sub>2</sub>

### 3.5 Quociente Respiratório

O cálculo da relação entre a taxa de CO<sub>2</sub> produzida e a taxa de O<sub>2</sub> consumida conhecida como quociente respiratório (QR) foi calculado a partir da equação (9) com o objetivo de determinar qual substrato foi metabolizado, durante o armazenamento das amostras de maçãs estudadas neste trabalho, armazenadas em três diferentes temperaturas.

Os resultados obtidos para o quociente respiratório a temperatura de 2°C foi de 0,97, a 5°C o QR foi de igual a 1,14 e a 7°C o QR foi de 1,32. Observa-se que QR aumentou com a temperatura, mostrando que ocorre mudança no uso do substrato com a variação de temperatura. Conforme a literatura (FONSECA; OLIVEIRA; BRECHT, 2002), quando QR é menor que 1 os substratos consumidos seriam lipídios, resultado obtido para as amostras armazenadas a 2°C. Entretanto, como o teor de lipídios em maçãs é de aproximadamente 0,36 g/100 g de amostra (USDA, 2004) e, o valor obtido é muito próximo a 1 pode-se considerar que nessa condição o substrato oxidado durante a respiração seja carboidratos, cujo o valor do QR é igual a 1. Para as amostras armazenadas a 5°C e 7°C os compostos oxidados durante a respiração são ácidos orgânicos, já que o valor obtido para Q.R é maior que 1.

Segundo Saquet e Streif, (2002) maçãs metabolizam, durante o

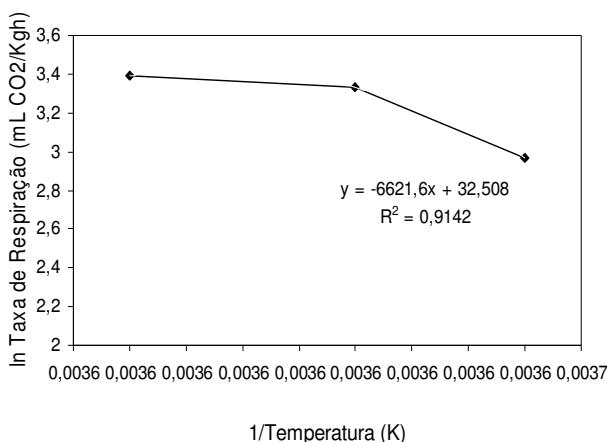
armazenamento, preferencialmente, ácidos orgânicos, cujo conteúdo, de acordo com as condições de armazenamento usadas no momento, poderá ser reduzido até pela metade ou mais. Após esse período é que os carboidratos serão utilizados em maior intensidade.

### 3.6 Energia de Ativação

A curva apresentada na Figura (9) foi construída para a determinação da energia de ativação ( $E_a$ ) através do cálculo do coeficiente angular da curva linearizada da equação de Arrhenius, para maçãs minimamente processadas. O valor obtido para a  $E_a$  foi de 55,05 KJ/mol, para faixa de temperatura estudada de 2°C a 7°C.

Energia de ativação de frutas e hortaliças variam numa faixa de 29 a 92,9 KJ/mol (EXAMA et al.,1993), o valor obtido neste trabalho encontra-se dentro desta faixa.

Fonseca, Oliveira e Brecht (2002), encontraram valor de energia de ativação de 65,7 KJ/mol para maçãs *in natura* armazenadas numa faixa de temperatura de 5°C – 25°C. O valor de  $E_a$  encontrado no presente estudo para maçãs minimamente processadas, apresenta-se menor, como já era esperado. Quanto maior o valor de  $E_a$  menor a taxa respiratória do produto. Produtos *in natura* apresentam velocidade de taxa respiratória menor do que produtos processados.



**Figura 1.9** - Curva linearizada da equação de Arrhenius para maçãs minimamente processadas, armazenadas a 2°C, 5°C e 7°C.

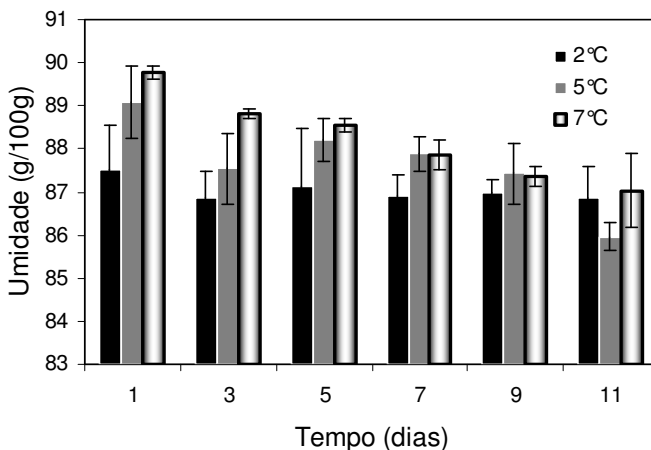
### 3.7 Parâmetros Físico-químicos

#### 3.7.1 Umidade

O teor de umidade diminuiu ao longo do período de armazenamento e mostrou diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) para as amostras de maçãs acondicionadas a 5°C e 7°C (Figura 10). Os valores reduziram de 87,15 a 86,16 (g/100g) para as amostras armazenadas 2°C, de 89,09 a 85,96 (g/100g) e 89,77 a 86,93 (g/100g) para as temperaturas de 5°C e 7°C, respectivamente. Quando o efeito da temperatura foi analisado, os resultados obtidos mostraram diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) no teor de umidade entre as temperaturas nos três primeiros dias de armazenamento. Entretanto, não houve perda de umidade com o aumento da temperatura.

A perda de água pode ser uma das principais causas de deterioração dos alimentos minimamente processados, já que resultam em perdas na aparência (murchamento), na textura (amolecimento) e na qualidade nutricional. A perda de água pelos alimentos minimamente processados pode ser minimizada pela atmosfera modificada ou controlada, devido à elevada umidade relativa propiciada (KADER, 1986)

Fontes (2005), encontrou valores próximos aos observados neste trabalho, para maçãs da variedade Gala mantidas a 2°C utilizando cobertura comestível de fécula de mandioca, os valores encontrados variaram entre 87,56 e 86,52 g/100g e também não apresentaram redução com diferença significativa ( $p \geq 0,05$ ) durante o período de armazenamento de 13 dias.



**Figura 1. 10** - Perfil dos valores de umidade (g/100g) para maçãs minimamente processadas armazenadas a 2°C, 5°C e 7°C.

### 3.7.2 Acidez Total Titulável

Os valores de acidez total titulável apresentaram um decréscimo não significativo ( $p \geq 0,05$ ) ao longo do período de armazenamento para as três temperaturas estudadas (Tabela 2), os valores variaram de 1,36 a 0,95 (% ácido málico) a temperatura de 2°C, as amostras armazenadas a 5°C e 7°C, apresentaram variação de 1,58 a 1,07 e 1,47 a 0,93 (% ácido málico), respectivamente. Também não ocorreram diferenças significativas ( $p \geq 0,05$ ) nos valores entre as temperaturas analisadas. Porém pode-se observar que temperaturas superiores apresentaram declínio mais acentuado para a acidez. Este comportamento pode estar associado ao fato de que temperaturas mais altas aumentam a taxa respiratória e conseqüentemente ocorre maior degradação dos ácidos orgânicos. Estes resultados foram semelhante aos obtidos por Olivas, Mattinson e Barbosa-Cánovas (2007) ao estudarem maçãs da variedade Gala, estocadas a 5°C por 9 dias, verificaram redução não significativa na concentração de ácido málico durante o período de estocagem.

De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), após a colheita e durante o armazenamento, a concentração de ácidos orgânicos diminui em decorrência de sua utilização como substrato na respiração ou da sua transformação em açúcares.



Rocha e Morais (2003) encontraram valores de acidez entre 0,52 a 0,29 (% de ácido málico) com diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre os valores para maçãs minimamente processadas da variedade *Jonagored* armazenadas a 4°C por 10 dias. Comparando os resultados observa-se valores inferiores aos obtidos neste trabalho. Essa diferença pode ser causada por fatores como variedade e condições de cultivo, o que causará diferenças na composição dos frutos.

**Tabela 1. 2** - Média dos valores de acidez total titulável (% ácido málico), pH, sólidos solúveis totais (°Brix) e açúcares redutores totais (mg/ml) de maçãs minimamente processadas a 2°C, 5°C e 7°C, armazenadas durante 11 dias

Acidez Titulável						
	1	3	5	7	9	11
2°C	1,36 <sup>aA</sup>	1,15 <sup>aA</sup>	1,15 <sup>aA</sup>	0,93 <sup>aA</sup>	0,97 <sup>aA</sup>	0,95 <sup>aA</sup>
5°C	1,58 <sup>aA</sup>	1,38 <sup>aA</sup>	1,18 <sup>aA</sup>	1,57 <sup>aA</sup>	1,11 <sup>aA</sup>	1,07 <sup>aA</sup>
7°C	1,47 <sup>aA</sup>	1,04 <sup>aA</sup>	0,91 <sup>aA</sup>	0,92 <sup>aA</sup>	1,02 <sup>aA</sup>	0,93 <sup>aA</sup>
pH						
	1	3	5	7	9	11
2°C	3,42 <sup>aA</sup>	3,61 <sup>aA</sup>	3,53 <sup>aA</sup>	3,57 <sup>aA</sup>	3,61 <sup>aA</sup>	3,58 <sup>aA</sup>
5°C	3,39 <sup>aA</sup>	3,42 <sup>aA</sup>	3,42 <sup>aA</sup>	3,55 <sup>aA</sup>	3,55 <sup>aA</sup>	3,7 <sup>aA</sup>
7°C	3,45 <sup>aA</sup>	3,56 <sup>aA</sup>	3,58 <sup>aA</sup>	3,65 <sup>aA</sup>	3,62 <sup>aA</sup>	3,75 <sup>aA</sup>
SST						
	1	3	5	7	9	11
2°C	12,04 <sup>aA</sup>	11,9 <sup>aA</sup>	11,92 <sup>aA</sup>	12,3 <sup>aA</sup>	12,5 <sup>aA</sup>	12,43 <sup>aA</sup>
5°C	12,35 <sup>aA</sup>	11,73 <sup>aA</sup>	11,72 <sup>aA</sup>	12,28 <sup>aA</sup>	11,61 <sup>abA</sup>	11,44 <sup>bA</sup>
7°C	12,80 <sup>aA</sup>	12,45 <sup>aA</sup>	11,83 <sup>aA</sup>	11,47 <sup>aA</sup>	10,91 <sup>bA</sup>	10,26 <sup>cA</sup>
Açúcares Redutores						
	1	3	5	7	9	11
2°C	55,38 <sup>aA</sup>	54,67 <sup>aA</sup>	59,31 <sup>aA</sup>	62,02 <sup>aA</sup>	54,99 <sup>aA</sup>	56,91 <sup>aA</sup>
5°C	66,14 <sup>bA</sup>	66,33 <sup>aA</sup>	65,89 <sup>aA</sup>	66,99 <sup>aA</sup>	68,59 <sup>bA</sup>	63,58 <sup>aA</sup>
7°C	64,34 <sup>bA</sup>	57,21 <sup>aAB</sup>	58,82 <sup>aAB</sup>	58,07 <sup>aAB</sup>	55,65 <sup>aB</sup>	52,14 <sup>bB</sup>

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

### 3.7.3 pH

A Tabela 2 mostra os resultados obtidos para o pH das amostras de maçã estudadas neste trabalho. Verificou-se um aumento não significativo ( $p \geq 0,05$ ) nos valores de pH ao longo do período de armazenamento para as amostras avaliadas nas três temperaturas. Não ocorreram diferenças significativas ( $p \geq 0,05$ ) entre as temperaturas de 2°C, 5°C e 7°C em todo período analisado. Observou-se aumento maior nos valores de pH para temperaturas de 5°C e 7°C. Este comportamento está de acordo com os resultados obtidos para acidez total titulável.

Estes resultados foram semelhantes aos obtidos por Rocha e Morais (2003), para maçãs minimamente processadas armazenadas a 4°C por 10 dias. Os autores observaram um ligeiro aumento no valor do pH (3,5 – 3,7), não significativo ( $p \geq 0,05$ ), o qual foi correlacionado com pequeno decréscimo na acidez total titulável, e atribuíram o resultado a capacidade de efeito tampão dos tecidos da maçã.

Rocculi, Romani e Rosa, (2004) não encontraram diferença significativa ( $p \geq 0,05$ ) na variação do pH (3,77 – 3,78) de maçãs da variedade *Golden Delicious*, tratadas com solução contendo 0,5% de ácido cítrico, 0,5% de ácido ascórbico e 0,5% cloreto de cálcio, estocadas a temperatura de 4°C por 12 dias.

### 3.7.4 Sólidos Solúveis Totais (SST)

Observa-se, a partir dos resultados obtidos, que houve redução no teor de sólidos solúveis totais para as amostras armazenadas nas três temperaturas ao longo do período de armazenamento (Tabela 2), os valores variaram de 12,04 a 12,43°Brix a temperatura de 2°C, de 12,35 a 11,44°Brix e de 12,80 a 10,26°Brix para amostras armazenadas a 5°C e 7°C, respectivamente, porém não houve efeito significativo ( $p \geq 0,05$ ). Esse resultado pode ser atribuído à taxa respiratória das maçãs, que não foi suficiente para ocasionar maior degradação dos sólidos solúveis. Entretanto, ao analisar as temperaturas estudadas observou-se diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) a partir do 9º dia entre as três temperaturas. A temperatura de 7°C apresentou redução mais acentuada no teor de (SST). Fato que também pode ser atribuído ao aumento da taxa respiratória com a temperatura causando possivelmente maior degradação dos sólidos solúveis.

No estudo apresentado por Olivas, Mattinson e Barbosa-Cánovas,

(2007), os valores para o conteúdo de sólidos solúveis variaram de 13,5 a 12,9° Brix para maçãs da variedade “Gala” tratadas com alginato e armazenadas a 5°C, por 9 dias. Resultados semelhantes foram observados no presente trabalho nas diferentes temperaturas, conforme observado na Tabela 2.

Fontes (2005), não observou diferença significativa ( $p \geq 0,05$ ) no teor de sólidos solúveis (°Brix), para maçãs da variedade Gala armazenadas a 2°C por um período de 13 dias, tratada com solução conservadora contendo ácido ascórbico, ácido cítrico e cloreto de cálcio. Os valores encontrados pelo autor, variaram de 13,8 a 12,5° Brix, resultados semelhantes aos obtidos neste trabalho para temperatura de 2°C.

### ***3.7.5 Açúcares Redutores Totais***

O teor de açúcares redutores totais diminuiu ao longo do período de armazenamento nas três temperaturas analisadas, apresentando diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) apenas para temperatura de 7°C entre o 1° dia com o 9° e 11° dia de armazenamento (Tabela 2). Os valores variaram de 55,38 a 56,91(mg/ml) para 2°C, 66,14 a 63,58 (mg/ml) para 5°C e de 64,34 a 52,14 (mg/ml) para temperatura de armazenamento de 7°C. Comparando aos resultados do teor de sólidos solúveis, o comportamento é semelhante, conforme esperado.

Por outro lado, os resultados obtidos entre as diferentes temperaturas mostraram diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) no primeiro dia de armazenamento, que indica apenas diferença na composição dos frutos. Já a diferença ocorrida no último dia pode indicar a influência da temperatura na redução os açúcares redutores. Ressalta-se que mesmo sendo da mesma variedade, oriundas do mesmo pomar e condições climáticas, os frutos apresentam diferenças em termos de concentração em sua composição.

Comportamento semelhante ao obtido neste trabalho foi apresentado por Rocha e Moraes (2003), em que não verificaram redução significativa na concentração de sacarose e glicose de maçã minimamente processada armazenadas por um período de 10 dias a 4°C.

Soliva-fortuni e Martín-Belloso, (2003), encontraram oscilações com redução significativa ( $p \leq 0,05$ ) nos valores de açúcares redutores para pêras armazenadas a 4°C por 14 dias conservadas em embalagens sob diferentes atmosferas. Resultado semelhante ao encontrado neste estudo, apresentando redução ao invés de aumento no teor de açúcares,

fato que pode ser atribuído ao armazenamento da fruta, que provocou apenas redução do teor de açúcares nestes primeiros dias de armazenamento.

Após a colheita e durante o armazenamento, a concentração de ácidos orgânicos declina em decorrência de sua utilização como substrato na respiração ou da sua transformação em açúcares (CHITARRA; CHITARRA, 2005). O esperado é que ocorra um aumento no teor de açúcares devido à transformação dos ácidos orgânicos em açúcares, com posterior redução devido à utilização destes açúcares na respiração do fruto como fonte de energia. Porém, neste trabalho verificou-se redução no conteúdo de açúcares redutores durante o armazenamento para as temperaturas de 5°C e 7°C, o que pode estar relacionado ao fato das maçãs utilizadas serem estocadas por longo período, assim os resultados obtidos mostram apenas a fase da utilização dos açúcares como fonte de energia.

### 3.8 Análise Microbiológica

Os resultados obtidos para a contagem de coliformes a 35°C, psicrotróficos (7°C) e Salmonela (Tabela 3) estão expressos em (NMP/g) e (UFC/g) respectivamente, nas temperaturas de 2°C, 5°C e 7°C no 1°, 6° e 11° dias de armazenamento.

Não ocorreram alterações na contagem de coliformes durante o período de armazenamento de onze dias. Ocorreu aumento nos valores de contagem de psicrotróficos (7°C), que variaram de  $1,0 \times 10^2$  a  $5,0 \times 10^2$  para o armazenamento a temperatura de 2°C. A temperatura de 7°C os valores variaram de  $1,0 \times 10^2$  a  $7,7 \times 10^3$ . Como já era esperado, temperaturas maiores apresentaram crescimento mais acentuado. Para Salmonella houve ausência em 25g para todas as temperaturas durante todo período de armazenamento.

Segundo a Resolução - RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001, para frutas frescas, "*in natura*", preparadas (descascadas, selecionadas ou fracionadas) sanificadas, refrigeradas ou congeladas, para consumo direto os valores de coliformes não devem ultrapassar  $5 \times 10^2$  UFC/g. A legislação estabelece também que deve ocorrer ausência de Salmonella em 25 g de amostra para este tipo de produto.

Os resultados obtidos neste trabalho estão de acordo com os critérios estabelecidos pela Legislação brasileira para presenças de microrganismos permitidos em produtos minimamente processados.

Lee, Park e Choi (2003) relatam que substâncias tóxicas podem

ser produzidas quando contagens microbiológicas excedem  $10^6$  UFC/g. Para maçãs armazenadas a  $3^\circ\text{C}$  por duas semanas, os autores encontraram valores para psicrotóxicos que não excederam  $10^4$ UFC/g, valores próximos aos encontrados neste trabalho.

**Tabela 1. 3** - Contagem de Coliformes totais (NMP/g), Psicrotóxicos (UFC/g) e Salmonella para maçãs minimamente processadas armazenadas a  $2^\circ\text{C}$ ,  $5^\circ\text{C}$  e  $7^\circ\text{C}$

	Período de armazenamento (dias)		
	1	6	11
	$2^\circ\text{C}$		
Coliforme a $35^\circ\text{C}$	<3	<3	<3
Salmonella	ausência 25 g	ausência 25 g	ausência 25 g
Psicrotóxicos ( $7^\circ\text{C}$ )	$1,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^2$	$5,0 \times 10^2$
	$5^\circ\text{C}$		
Coliforme a $35^\circ\text{C}$	<3	<3	<3
Salmonella	ausência 25 g	ausência 25 g	ausência 25 g
Psicrotóxicos ( $7^\circ\text{C}$ )	$1,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^2$	$5,7 \times 10^3$
	$7^\circ\text{C}$		
Coliforme a $35^\circ\text{C}$	<3	<3	<3
Salmonella	ausência 25 g	ausência 25 g	ausência 25 g
Psicrotóxicos ( $7^\circ\text{C}$ )	$1,0 \times 10^2$	$1,9 \times 10^3$	$7,7 \times 10^3$

## 4 CONCLUSÃO

As amostras de maçãs minimamente processadas armazenadas a temperaturas de 2°C, 5°C e 7°C, acondicionadas em embalagem de BOPP/PEBD mostraram que a menor taxa respiratória ocorreu à temperatura de 2°C, e maior e em menor tempo à temperatura de 7°C. Desta forma pode-se concluir que a temperatura é o fator de maior influência para as taxas respiratórias de maçãs minimamente processadas, nas condições estudadas. O teor de umidade diminuiu significativamente ao longo do período de armazenamento para as amostras armazenadas a 5°C e 7°C. Os valores de pH aumentaram e de acidez total titulável diminuíram, ao longo do período de armazenamento e com aumento da temperatura. O teor de sólidos solúveis totais diminuiu ao longo do tempo e com aumento da temperatura, apresentando maior declínio ao final do período para as temperaturas de 5°C e 7°C. Os valores de açúcares redutores também diminuíram ao longo do período de armazenamento com redução maior para a temperatura de 7°C. A contagem microbiana mostrou que o período de armazenamento e a temperatura de estocagem não prejudicaram a segurança do produto.

## REFERÊNCIAS

1. ALZAMORA, S.M; TAPIA, M.S; LOPÉZ-MALO, A. **Minimally Processed Fruits and Vegetables, Fundamental Aspects and Applications**. Aspen Publishers, Inc. 2000. 358p.
2. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. 2001. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4. ed. Washington: APHA, 676.
3. ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS – A.O.A.C. **Official Methods of Analysis**. 17ed. Arlington: A.O.A.C, v.2.2002.
4. BRASIL. Agência Nacional de Vigilância. ANVISA. Resolução RDC nº12, de 02 de janeiro de 2001. Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Disponível em <http://www.anvisa.gov.br/legisl/resol.htm> Acesso em: 12 outubro, 2008.
5. CARVALHO, C.R.L.; MANTOVANI, D.M.B.; CARVALHO, P.R.N.; MORAES, R.M.N. **Análises Químicas de Alimentos**. Campinas: ITAL, 1990. 121p.
6. CHITARRA, M.I.F; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de Frutas e Hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2ª Ed. Lavras:UFLA, 2005. 785p.
7. EXAMA, A.; ARUL, J.; LENCKI, R. W.; LEE, L. Z.; TOUPIN, C. Suitability of plastic films for modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. **Journal of Food Science**, v. 58, n. 1, 365-1370 p. 1993.
8. FONSECA, S.C.; OLIVEIRA, F.A.R.; LINO, I.B.M.; BRECHT, J.K.; CHAU, K.V. Modelling O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> exchange for development of perforation-mediated modified atmosphere packaging. **Journal of Food Engineering**, v.43, 9-15p. 2000.
9. 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, 99-119 p.2002.
10. FONTES, L. C.B. **Uso de solução conservadora e de películas**

**comestíveis de maçãs da cultivar Royal Gala minimamente processadas: efeito na fisiologia e na conservação.** 2005. 118p. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo. São Paulo –SP.

11. FRANCIS, G.A.; THOMAS, C.; O'BEIRNE, D. The microbiological safety of minimally processed vegetables. **International Journal of Food Science and Technology**, v.34, 1-22 p.1999.
12. IQBAL, T; RODRIGUES, F.A.S; MAHAJAN P. V; KERRY J.P. Mathematical modeling of the influence of temperature and gas composition on the respiration rate of shredded carrots. **Journal of Food Engineering** 91, 325–332p. (2009).
13. JOHSTON, J.W; HEWETT,E.W; HERTOOG, L.A.T.M; HARKER,F.R. Temperature induces differential softening responses in apple cultivars. **Postharvest Biology and Technology** .23, 185-196p.2001.
14. KADER, A.A. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. **Food Technology**, v. 40, n. 5, 99-104 p.1986.
15. 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.
16. LEE, J.Y; PARK, H.J; LEE C.Y, CHOI, W.Y, .Extending shelf-life of minimally processed apples with edible coatings and antibrowning agents. **Lebensm.-Wiss. U.-Technol**, v. 36, p. 323-329. 2003.
17. OLIVAS, G.I; MATTINSON, D.S; CÁNOVAS, G.V, 2006. Alginate coatings of minimally processed 'Gala' apples. **Postharvest Biology and Technology**, v. 25, p. 89-96.2007.
18. OLUSOLA, L. **Fresh-Cut Fruits and Vegetables: Science, Technology and Market**. CRC Press, United States. p. 21–43. 2002.
19. 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.

20. ROCHA, A.M.C.N; MORAIS, A.M.M.B. Shelf life of minimally processed Apple (cv. Jonared) determined by colour changes. **Food Control**, v. 14, p. 13-20. 2003.

21. ROCCULI, P; NOBILE, M.A; ROMANI, S; BAIANO, A; DALLA ROSA, M. Use of a simple mathematical model to evaluate dipping and MAP effects on aerobic respiration of minimally processed apples. *Journal of Food Engineering* v. 76. 334-340 p. 2006.

22. ROCCULI, P.; ROMANI, S.; ROSA, M.D. Evaluation of physico-chemical parameters of minimally processed apples packed in non-conventional modified atmosphere. **Food Research International** v. 37, 329-335 p. 2004.

23. SAQUET, A. A.; STREIF, J.1R. Respiração e produção de etileno de maçãs armazenadas em diversas concentrações de oxigênio. **Revista Brasileira Agrociência**, v.8 n. 1, p. 71-75, 2002.

24. SOLIVA-FORTUNY, R.C; BELLOSO, O.M. Microbiological and Biochemical Changes in Minimally Processed Fresh-cut Conference Pears. **Eur Food Res Technol** 217:4-9.2003.

25. SOLIVA-FORTUNY, R.C; MIGUEL,N.G; SRRANO,I; GORINSTEIN, S; BELLOSO,O.M. Browning Evaluation of Read-to-Eat Apples as affected by Modified Atmosphere Packaging. **J. agric. Food Chem.** v.49 3685-3690p. 2001.

26. USDA. National Nutriente Database for Standard Reference. Release 17 (2004). Disponível em [http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/cgi-bin/list\\_nut\\_edit.pl](http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/cgi-bin/list_nut_edit.pl). Acesso em 05 maio 2009.

## CAPÍTULO 2

### Artigo 2: Influência da Temperatura nos Qualidade de Maçãs cv. Gala Minimamente Processada.

Cristiane Fagundes<sup>1</sup>; Renata Dias Melo Castanho Amboni<sup>2</sup>; Alcilene Rodriguez Monteiro<sup>1</sup>

#### Resumo

A utilização de tecnologias como atmosfera modificada, embalagens adequadas combinados com baixas temperaturas de armazenamento podem retardar processos metabólicos e manter a qualidade sensorial e microbiológica de produtos minimamente processados. O objetivo deste trabalho foi estudar a influência da temperatura na textura, cor, parâmetros sensoriais e microbiológicos de maçã (*Malus domestica*, B.) da variedade Gala, minimamente processada, acondicionadas em embalagens flexíveis multicamada de polipropileno biorientado (BOPP) e polietileno de baixa densidade (PEBD), estocadas a temperaturas de 2°C, 5°C e 7°C. As análises físico-químicas, sensoriais e microbiológicas foram realizadas durante os 11 dias de armazenamento. Os resultados das análises físico-químicas mostraram: aumento da perda de massa fresca e redução no teor de umidade significativa ao longo do período de armazenamento para as temperaturas superiores (5°C e 7°C). A atividade de água (Aw) apresentou redução significativa ao longo do período de armazenamento para as três temperaturas. Apesar da redução nestes três parâmetros, os resultados obtidos para textura não apresentaram diferença significativa ao longo do período de armazenamento nas três temperaturas avaliadas. Os valores alcançados para os parâmetros L\*, a\*, b\*, cromaticidade (C\*), ângulo hue (h) e Índice de Escurecimento não mostram alterações significativas durante o armazenamento. As análises microbiológicas indicam que o produto não apresenta crescimento microbiológico capaz de alterar a segurança do produto durante os 11 dias de armazenamento. A análise sensorial mostrou melhor aceitabilidade para amostras armazenadas a 2°C, mas em todas as temperaturas as médias ficaram acima do limite mínimo estabelecido para aceitação e intenção de compra.

## Abstract

The use of technologies such as modified atmosphere and appropriate packaging combined with low storage temperatures can slow the metabolic processes and maintain the sensory and microbiological quality of minimally processed products. The aim was to study the influence of temperature on instrumental parameters, sensory and microbiological of minimally processed apple (*Malus domestica*, B.) of the Gala variety, packed in flexible multilayer biorientated polypropylene (BOPP) and low-density polyethylene (LDPE), stored at temperatures of 2°C, 5°C and 7°C. The physico-chemical analysis, sensory and microbiological were held during the 11 days of storage. The results of physico-chemical analysis showed: increase of weight loss, reduction in water content significantly over the period of storage for higher temperatures (5°C and 7°C). Water activity ( $A_w$ ) showed significant reduction over the period of storage at three temperatures. Despite the reduction in these three parameters, the results for texture were not significantly different during the period of storage at three temperatures evaluated. The values obtained for the parameters  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , chromaticity ( $C^*$ ), hue angle (h) and the browning index of the samples did not show significant changes during storage. The microbiological analysis showed that the product presents no microbiological growth able to change the safety of the product during the 11 days of storage. The sensory analysis showed better acceptability for samples stored at 2°C, however the average index acceptability for all temperatures are above the minimum threshold for acceptance and intention of purchase.

# 1 INTRODUÇÃO

Segundo estimativas da FAO, o Brasil apresenta um dos maiores índices de perdas pós-colheita entre os 10 maiores produtores do setor agrícola do mundo (YAMASHITA, 2004). O processamento mínimo de frutas e hortaliças é uma tecnologia pós-colheita que visa minimizar essas perdas

A tecnologia de processamento mínimo apresenta dois propósitos: primeiro, manter o produto com as mesmas características de produto 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).

A maçã é uma das frutas mais produzidas no Brasil grande parte da safra colhida durante os primeiros meses do ano é armazenada. O armazenamento durante longo período acarreta aumento de custos para conservação e na perda de qualidade da fruta. A utilização da fruta na fabricação de um produto minimamente processado pode agregar valor e acelerar o consumo da fruta.

Segundo ALZAMORA, TAPIA, e LOPEZ, (2000), para produção de frutas e vegetais minimamente processados existem alguns requisitos essenciais: matéria-prima de boa qualidade, rigorosa higiene, boas práticas de fabricação, baixas temperaturas durante o manuseio, qualidade da água utilizada na lavagem, uso de aditivos adequados para desinfecção e prevenção do escurecimento, materiais e métodos corretos de embalagem, além de utilização de temperatura e umidade apropriadas durante a comercialização.

Modificações na coloração original, como o escurecimento, e o amaciamento constituem-se fatores limitantes na comercialização de frutas minimamente processadas. O controle deste fenômeno é crucial na comercialização de bananas, maçãs, pêras e pêssegos minimamente processados (VILAS BOAS, 2002).

Tratamentos pós-colheita têm sido aplicados em fatias e pedaços de frutas com o objetivo principal de melhorar a qualidade e aumentar a vida de prateleira de produtos minimamente processados. Cloreto de cálcio tem sido utilizado como agente de firmeza para prolongar a vida de prateleira de maçãs minimamente processadas (GUZMAN, CANTWELL e BARRET, 1999).

A comercialização de produtos minimamente processados, como maçãs é altamente influenciado pelas alterações que ocorrem na cor desta fruta, resultante de reações enzimáticas, de compostos fenólicos e

da difusão do oxigênio atmosférico nos tecidos do fruto (PEREZ-GAGO et al., 2006). O ácido ascórbico (AA) é um dos produtos mais utilizados para inibição do escurecimento. Este componente é muito efetivo na inibição do escurecimento enzimático de frutas e hortaliças (ALZAMORA, TAPIA, e LOPEZ, 2000).

Alguns estudos vêm sendo realizados com frutas e hortaliças minimamente processadas e bons resultados têm sido obtidos. Associado a tecnologia de preparo e a preferência entre consumidores brasileiros, a maçã minimamente processada pode ser um produto de grande importância comercial.

A associação produção, consumo e disponibilidade de produto no mercado de vegetais fresco levaram ao desenvolvimento deste estudo que teve como objetivo avaliar a influência da temperatura nos parâmetros instrumentais de qualidade e aceitação sensorial de maçãs minimamente processadas.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Matéria-prima**

Os experimentos foram realizados com maçã (*Malus domestica*, *Borkh*) da variedade Gala. As maçãs utilizadas neste trabalho foram provenientes da Chácara POMERANA localizada no município de São Joaquim/SC, colheita de 2008 e armazenadas sob atmosfera modificada a 12°C. Os testes foram realizados no Laboratório de Propriedades Físicas da Universidade Federal de Santa Catarina.

### **2.2 Pré-tratamento: Determinação das Concentrações de Inibidores**

Para evitar o escurecimento enzimático dos frutos processados testou-se uma combinação de ácido ascórbico (AA) e cloreto de cálcio (CaCl<sub>2</sub>), nas seguintes concentrações: 1% (AA) e 1% (CaCl<sub>2</sub>), 1,5% (AA) e 1,5% de (CaCl<sub>2</sub>), 2,0% de (AA) e 2,0% de (CaCl<sub>2</sub>), 2,0% de (AA) e 1,0% de (CaCl<sub>2</sub>).

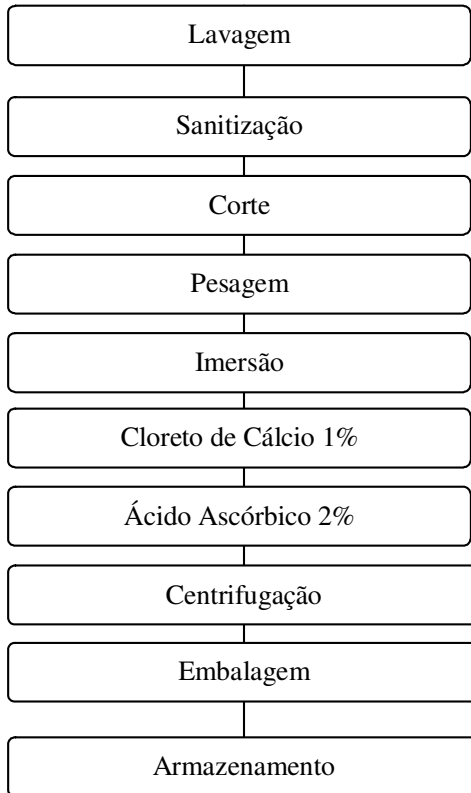
### **2.3 Processamento Mínimo**

As maçãs foram inicialmente selecionadas quanto à integridade física, tamanho e cor, lavadas em água corrente, e imersas em solução de hipoclorito de sódio de concentração 100 ppm, por 20 minutos. Em seguida as maçãs foram cortadas em fatias de espessura 0,5 cm, com casca.

As fatias de maçãs foram imersas na solução de ácido ascórbico a 2% durante 5 minutos e em seguida imersas em solução de cloreto de cálcio a 1% também durante 5 minutos. Concentrações definidas no item 3.1. As amostras foram centrifugadas com centrifuga manual, para retirada do excesso de água e em seguida 200 gramas de maçãs foram acondicionadas em embalagem multicamadas de polipropileno biorientado (BOPP), e polietileno de baixa densidade (PEBD), e finalmente seladas em seladora da marca Sulpack.

As amostras acondicionadas foram armazenadas em câmaras BOD da marca Expectron Tecnologia Industrial Ltda., modelo ECB-EX, com controlador de temperatura, à 2°C, 5°C, e 7°C, e umidade relativa entre 74%+2 a 78%+2, por um período de 11 dias. A Figura 1 apresenta o fluxograma do processamento.

As embalagens utilizadas foram desenvolvidas pela empresa Lamine Ltda situada no estado de São Paulo, constituída polipropileno biorientado (BOPP), e polietileno de baixa densidade (PEBD) e cedida para realização deste trabalho. As embalagens utilizadas apresentam as seguintes permeabilidades: 6,25 (mL/m<sup>2</sup>.h.atm), para o oxigênio e 17,09 (mL/m<sup>2</sup>.h.atm), para o dióxido de carbono.



**Figura 2. 1** - Fluxograma do processamento mínimo de maçãs

## 2.4 Parâmetros de Qualidade

As análises descritas a seguir foram realizadas em triplicata de experimentos e por análises.

### **2.4.1 Conteúdo de Umidade**

A determinação do conteúdo de umidade foi realizada de acordo com A.O.A.C. (2002).

### **2.4.2 Perda de Massa**

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, ao longo do período de armazenamento e a massa calculada pela equação (1).

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

onde  $M_0$  é a massa das amostras no tempo inicial de armazenamento e  $M_n$  a massa para os dias posteriores de análise ( $n = 1, 3, 5, 7, 9$  e  $11$ ).

### **2.4.3 Textura**

A avaliação instrumental da textura foi realizada por meio de um texturômetro digital marca Stable Micro System, modelo TAXT2i texture analyser, com cédula de carga de 25N, utilizando-se uma sonda de 2 mm de diâmetro, velocidade e profundidade de perfuração de 3,3 mm / s e 2,0 mm, respectivamente e tempo de amostragem de 30 s. Foram utilizadas dez amostras por embalagem e por experimento com três perfurações por fatia, em triplicata de amostra.

### **2.4.4 Atividade de Água ( $A_w$ )**

A atividade de água foi determinada utilizando-se um higrômetro eletrônico da marca Decagon Service. Após a calibração do equipamento, 5 g de amostras foram colocadas no aparelho e a leitura feita automaticamente.



### 2.4.5 Cor

Para a determinação da cor das amostras de maçãs minimamente processadas, foram realizadas medidas diretas no centro das fatias (duas medidas, uma em cada lado) usando 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  $8^\circ$ . 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.

### 2.4.6 Índice de escurecimento

A partir dos parâmetros de cor obtidos foi calculado o “índice de escurecimento” (IE), os cálculos foram realizados utilizando-se as equações propostas 2 e 3 (OLIVAS; MATTINSON; BARBOSA-CÁNOVAS, 2007).

$$IE = \frac{100(x - 0,31)}{0.172} \quad (2) \quad \text{onde} \quad x = \frac{a^* = 1,75L^*}{5,645L^* + a^* - 3,012b^*} \quad (3)$$

## 2.5 Análise Microbiológica

As análises microbiológicas de Coliformes Totais, Psicotróficos e Salmonella foram realizadas no Laboratório de Análises do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos – LABCAL da UFSC, no 1º, 6º e 11º dia de armazenamento, para as três temperaturas estudadas. As análises foram realizadas de acordo com APHA, (2001).

## 2.6 Análise Sensorial

A análise sensorial foi realizada com painel de 50 julgadores não treinados no 1º, 6º e 11º dia de armazenamento e diferentes

temperaturas e armazenamento.

Para avaliar a aceitação do produto após a degustação foi utilizada uma escala hedônica de nove pontos (9 = gostei muitíssimo, 5= indiferente, 1= desgostei muitíssimo) (QUEIROZ; TREPTOW, 2006). As amostras que receberem notas inferiores a 6 foram consideradas inaceitáveis (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 2007). Foram apresentadas 3 fatias de maçãs, que receberam o mesmo tratamento e armazenadas a mesma temperatura para cada julgador.

A intenção de compra das amostras também foi avaliada utilizando uma escala estruturada de 5 pontos (5 = certamente compraria, 3= talvez comprasse/talvez não comprasse, 1= certamente não compraria) (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 2007).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os melhores resultados quanto ao aspecto visual das amostras de maçãs minimamente processadas foram encontrados na concentração 2,0% de ácido ascórbico (AA) e 1,0% cloreto de cálcio (CaCl<sub>2</sub>), utilizadas para realização deste estudo.

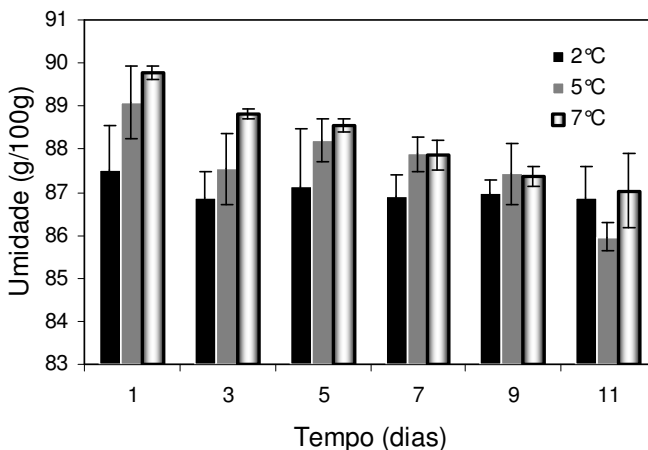
#### 3.1 Parâmetros de Qualidade

##### 3.1.1 *Conteúdo de Umidade*

O teor de umidade diminuiu ao longo do período de armazenamento (Figura 2) e mostrou diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) para as amostras de maçãs acondicionadas a 5°C e 7°C. Os valores reduziram de 87,15 a 86,16 (g/100g) para as amostras armazenadas 2°C, de 89,09 a 85,96 (g/100g) e 89,77 a 86,93 (g/100g) para as temperaturas de 5°C e 7°C, respectivamente. Quando a análise foi realizada entre as três temperaturas, os resultados obtidos mostraram diferença significativa ( $p \geq 0,05$ ) no teor de umidade nos três primeiros dias de armazenamento. Entretanto, não houve perda de umidade com o aumento de temperatura.

A perda de água pode ser uma das principais causas de deterioração dos alimentos minimamente processados, já que resultam em perdas quantitativas, perdas na aparência (murchamento), na textura (amolecimento) e na qualidade nutricional. Em alimentos minimamente processados essa perda pode ser minimizada pelo uso de atmosfera modificada ou controlada, devido a elevada umidade relativa propiciada. (KADER, 1986)

Fontes, (2005) encontrou valores próximos aos observados neste trabalho, para maçãs da variedade Gala mantidas a 2°C utilizando cobertura comestível de fécula de mandioca, os valores encontrados variaram de 87,56 a 86,52 g/100g e também não apresentaram redução com diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) durante o período de armazenamento de 13 dias.



**Figura 2. 2** - Perfil dos valores de umidade (g/100g) para maçãs minimamente processadas, armazenadas a 2°C, 5°C e 7°C.

### 3.1.2 Perda de Massa

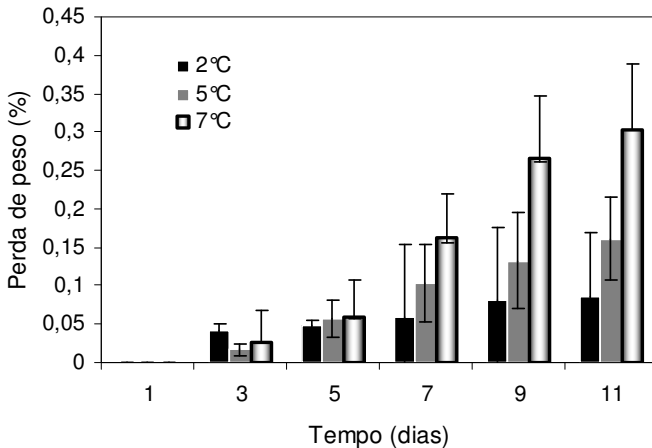
A perda de massa expressa pela perda de água, pode ser verificada através da Figura 3. A máxima perda, obtida durante o período de armazenamento foi de 0,086%, 0,16% e 0,303% a 2°C, 5°C e 7°C, respectivamente. Pode-se verificar que houve influência significativa ( $p \leq 0,05$ ) ao longo do período de armazenamento na perda de peso das amostras nas temperaturas de 5°C e 7°C. Os resultados mostram que nas temperaturas mais elevadas de armazenamento ocorreram maiores perdas de massa fresca.

Resultados próximos ao encontrado neste trabalho foram obtidos por Rocha e Moraes (2003), para maçãs armazenadas por 10 dias a temperatura de 4°C, os valores de perda de massa fresca se mantiveram abaixo de 0,22%.

Perez-gago, Serra e Ríó (2006) encontraram 3% de perda de massa fresca para maçãs minimamente processadas armazenadas a 5°C por 13 dias, embaladas em filme de polipropileno e tratadas com solução de concentração 0,5% e 1,0 % de ácido ascórbico. Perda considerada alta quando comparados com outros trabalhos.

Segundo Kang e Lee, (1998), a perda de 5% de massa em produtos frescos causa o murchamento (amolecimento) e a perda do

frescor do produto. Comparando resultados (0,333% a 7°C) obtidos neste trabalho com o valor definido por Kang e Lee (1998), verifica-se que a embalagem, em conjunto com a temperatura utilizada foi eficiente quanto a barreira à perda de umidade, característica fundamental para manutenção da qualidade do produto.



**Figura 2.3** - Perfil dos valores de perda de massa fresca (%) para maçãs minimamente processadas, armazenadas a 2°C, 5°C e 7°C

### 3.1.3 Atividade de Água ( $A_w$ )

Os resultados obtidos neste trabalho para  $A_w$  estão apresentados na Tabela 1. Houve redução significativa ( $p \leq 0,05$ ) da atividade de água ao longo do armazenamento nas três temperaturas estudadas e efeito significativo ( $p \leq 0,05$ ) entre as temperaturas. A 7°C houve maior variação nos valores de atividade de água (0,989 a 0,970), indicando que a temperaturas maiores ocorre maior redução da atividade de água das maçãs, resultado também observado para a perda de massa fresca.

O termo atividade de água ( $A_w$ ) indica a intensidade das forças que unem a água com outros componentes não-aquosos e, conseqüentemente, a água disponível para o crescimento de microrganismos e para que se possam realizar diferentes reações químicas e bioquímicas (ORDÓNEZ et al., 2005)

A atividade de água ( $A_w$ ) tem sido um dos mais importantes parâmetros para avaliação da preservação dos alimentos e seu

processamento. Este parâmetro está diretamente relacionada ao crescimento microbiano e textura dos produtos (ANTONIO, 2002). Através dos resultados obtidos neste estudo para textura e crescimento microbiano, verifica-se que apesar da redução significativa ( $p \leq 0,05$ ) nos valores de  $A_w$  este não alterou a qualidade das maçãs.

A maçã fresca intacta apresenta como valor médio de atividade de água em torno de 0,987 (CÓRDOVA, 2006), valor semelhante aos obtidos no presente trabalho durante o período de armazenamento.

Segundo Rodrigues et al., (2008), os valores de atividade de água de manga fresca acondicionada em embalagem com atmosfera modificada armazenada a 5°C durante 18 dias apresentou diferença estatisticamente significativas ( $p \leq 0,05$ ) ao longo do período de estocagem. Os autores atribuíram as variações nos valores à variabilidade da matéria-prima e não ao aumento de tempo de estocagem. Diferentemente do que ocorreu no presente trabalho, onde se observou alteração no valor de  $A_w$  com tempo de armazenamento principalmente nas temperaturas mais elevadas.

**Tabela 2. 1** - Média de experimento e análise dos valores de atividade de água e força máxima de perfuração de maçãs minimamente processadas armazenadas a temperatura 2°C, 5°C e 7°C durante 11 dias.

		A <sub>w</sub>					
		1	3	5	7	9	11
2°C		0,996 <sup>aA</sup>	0,994 <sup>aA</sup>	0,988 <sup>aB</sup>	0,989 <sup>aB</sup>	0,99 <sup>aB</sup>	0,989 <sup>aB</sup>
5°C		0,995 <sup>aA</sup>	0,992 <sup>aA</sup>	0,988 <sup>aAB</sup>	0,989 <sup>aAB</sup>	0,988 <sup>aB</sup>	0,987 <sup>aB</sup>
7°C		0,989 <sup>bA</sup>	0,984 <sup>bAB</sup>	0,98b <sup>ABC</sup>	0,979 <sup>bABC</sup>	0,975 <sup>bBC</sup>	0,97 <sup>bC</sup>
		Textura					
		1	3	5	7	9	11
2°C		3,02 <sup>aA</sup>	2,78 <sup>aA</sup>	2,74 <sup>aA</sup>	2,96 <sup>aA</sup>	2,77 <sup>aA</sup>	2,75 <sup>aA</sup>
5°C		1,86 <sup>bA</sup>	1,63 <sup>bA</sup>	1,36 <sup>bA</sup>	1,42 <sup>bA</sup>	1,27 <sup>bA</sup>	1,28 <sup>bA</sup>
7°C		1,75 <sup>bA</sup>	1,48 <sup>bA</sup>	1,74 <sup>bA</sup>	1,26 <sup>bA</sup>	1,10 <sup>bA</sup>	1,05 <sup>bA</sup>

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

### 3.1.4 Textura

A firmeza das maçãs estudadas neste trabalho foi expressa pela força máxima de perfuração. Os resultados obtidos não apresentaram

redução significativa ( $p \geq 0,05$ ) ao longo do período de armazenamento para nenhuma das três temperaturas estudadas (Tabela 1). Resultado que pode estar relacionado ao tratamento com cloreto de cálcio em que as amostras foram submetidas. Ocorreram diferenças significativas ( $p \geq 0,05$ ) entre a temperatura de 2°C e as temperaturas de 5°C e 7°C, porém é provável que esta diferença tenha sido provocada pela característica própria da matéria-prima.

A textura é um dos fatores mais importantes para qualidade das frutas e influencia amplamente na aceitabilidade dos consumidores. Tratamentos pós-colheita têm sido aplicados em fatias e pedaços de frutas com o objetivo principal de melhorar a qualidade e aumentar a vida de prateleira de produtos minimamente processados. O cloreto de cálcio tem sido utilizado como agente de firmeza para prolongar a vida de prateleira de maçãs minimamente processadas (GUZMAN; CANTWELL; BARRET, 1999).

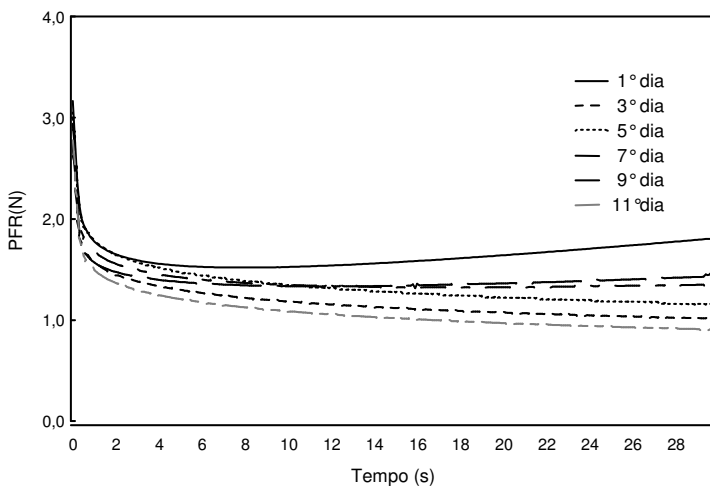
Lee, Park e Choi (2003) encontraram bons resultados para firmeza de maçãs tratadas com solução de 1% de cloreto de cálcio, 1% de ácido ascórbico, armazenadas durante duas semanas a temperatura de 3°C, este resultado sugere que o cloreto de cálcio é bom agente de firmeza para prolongar a vida de prateleira de maçãs minimamente processadas.

Varela, Salvador e Fizman (2007) mostram que maçãs minimamente processadas da variedade Fuji tratadas com solução de 1% de cloreto de cálcio por 3 minutos mantiveram a firmeza durante um período de 16 dias.

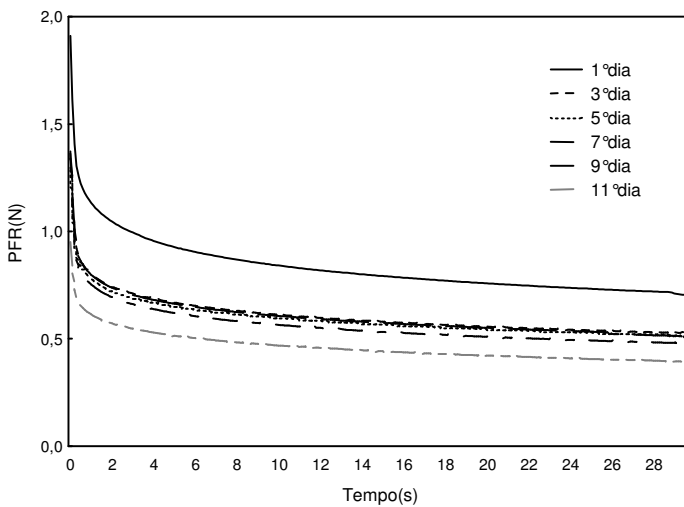
Assim como a força máxima de perfuração, o perfil da força de relaxação (PFR) também permite uma avaliação do comportamento da textura. O perfil da força de relaxação pode ser considerado como a força aplicada pela região interna do material sobre a sonda, depois que esta se estabilizou a 2,0mm da superfície da amostra (BARBOSA, 2007).

Através das Figuras 4, 5 e 6 observa-se a redução nos valores do perfil de força de relaxação ao longo do período de armazenamento, apresentando conforme o esperado o mesmo comportamento da força máxima de perfuração evidenciando pequena queda na textura das maçãs minimamente processadas estudadas neste trabalho.

Assim como para força máxima de perfuração as análises estatísticas mostram diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre os valores de perfil força de relaxação entre a temperatura de 2°C com as temperaturas de 5°C e 7°C em todos os dias de armazenamento.

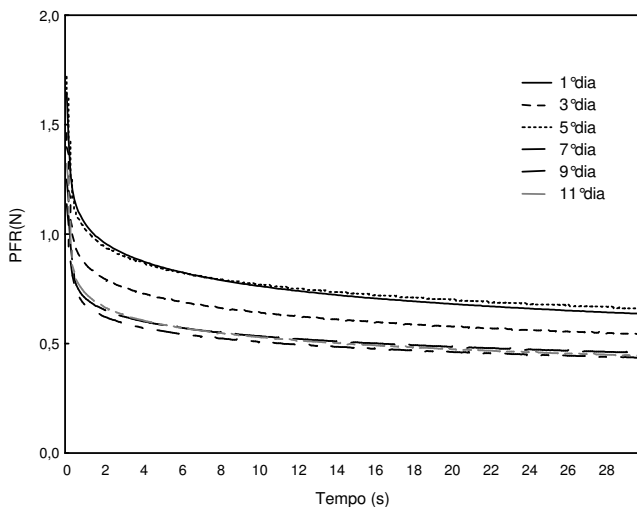


**Figura 2.4** - Perfil da força de relaxação (N) para maçãs minimamente processadas, armazenadas 2°C.



**Figura 2.5** - Perfil da força de relaxação (N) para maçãs minimamente processadas, armazenadas 5°C.





**Figura 2. 6** - Perfil da força de relaxação (N) para maçãs minimamente processadas, armazenadas a 7°C.

### 3.1.5 Cor

Os resultados obtidos para os parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , cromaticidade ( $C^*$ ) e ângulo hue ( $h$ ), nas temperaturas de 2°C, 5°C e 7°C, durante o período de armazenamento de 11 dias das maçãs estudadas neste trabalho estão apresentados na Tabela 2.

A análise estatística mostrou que não houve diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) para os parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , cromaticidade ( $C^*$ ) e ângulo hue ( $h$ ) ao longo do período de armazenamento de onze dias. Através dos resultados obtidos foi observado que não ocorreram diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre as temperaturas de 2°C, 5°C e 7°C em nenhum dos parâmetros analisados. As oscilações apresentadas nos valores destes parâmetros podem ser atribuídas a variações da própria matéria-prima.

**Tabela 2. 2** - Média dos valores dos parâmetros L\*, a\*, b\*, C\* e h de maçãs minimamente processadas armazenadas a temperatura de 2°C, 5°C e 7°C.

	Período de armazenamento (dias)				
	1	3	6	8	10
<b>L*</b>					
2°C	78,32aA	77,8aA	77,59aA	78,42aA	77,71aA
5°C	78,24aA	77,76aA	78,28aA	78,61aA	77,88aA
7°C	77,24aA	77,47aA	77,64aA	78,44aA	78,43aA
<b>a*</b>					
2°C	-3,42aA	-3,39aA	-2,92aA	-3,23aA	-3,08aA
5°C	-2,87aA	-2,99aA	-3,12aA	-2,91aA	-3,19aA
7°C	-3,98aA	-3,33aA	-3,2aA	-3,27aA	-3,26aA
<b>b*</b>					
2°C	24,25abA	23,81aA	25,36aA	25,15aA	25,03aA
5°C	26,9aA	25,01aA	23,95aA	25,91aA	24,71aA
7°C	22,67bA	22,69aA	23,55aA	22,08aA	22,61aA
<b>C*</b>					
2°C	24,54abA	24,04aA	25,26aA	25,35aA	25,28aA
5°C	26,95aA	25,31aA	24,85aA	26,13aA	24,83aA
7°C	23,04bA	22,96aA	23,75aA	22,41aA	22,78aA
<b>h</b>					
2°C	98,25aA	97,71aA	96,45aA	96,82aA	96,96aA
5°C	95,65aA	96,83aA	97,53aA	96,69aA	97,34aA
7°C	100,11aA	98,51aA	97,94aA	98,63aA	98,43aA

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

Segundo Varela, Salvador e Frizman, (2006) o escurecimento dos tecidos pode ser avaliado através da redução dos valores de L\* e aumento nos valores de a\*. Os autores avaliaram a influência do cloreto de cálcio no escurecimento dos tecidos, e concluíram que uma solução contendo apenas o cloreto de cálcio (CaCl<sub>2</sub>) não previne o escurecimento dos tecidos, assim como uma solução somente com ácido ascórbico (AA) não evita alterações da cor ao longo do armazenamento. O melhor resultado encontrado, por estes autores, para maçã da variedade Fuji armazenada a 8°C por 16 dias, foi para uma mistura contendo 0,5% AA, 0,1% de ácido propiônico (AP) e 1% de CaCl<sub>2</sub>, onde as amostras foram imersas por 3 minutos.

Lee, Park e Choi (2003) encontraram resultados semelhantes aos encontrados neste trabalho para os valores de L\* e a\*, utilizando maçãs

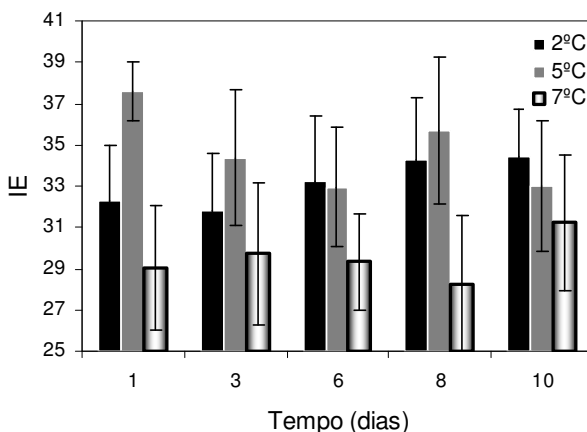
minimamente processadas tratadas com cobertura comestível de proteína concentrada de soro do leite, ácido ascórbico e cloreto de cálcio, armazenadas a 3°C por duas semanas, os valores de L\* variaram de 79,5 a 77,5 enquanto os valores de a\* variaram de -3,9 a -2,95. A cobertura utilizada foi considerada pelos autores eficiente na manutenção da qualidade e prolongamento da vida de prateleira das maçãs.

Neste trabalho foi observada pouca variação nos valores de L\*, que variaram de 78,32 a 77,71 para 2°C, 78,24 a 77,88 e 77,24 a 78,23 para as temperaturas de 5°C e 7°C, respectivamente. Os valores de a\* também apresentaram pequena variação de -3,42 a -3,08 para 2°C, de -2,87 a -3,19 e -3,98 a -3,26 para as temperaturas de 5°C e 7°C, o que indica o bom desempenho da solução de ácido ascórbico (AA) 2% e cloreto de cálcio (CaCl<sub>2</sub>) 1% utilizada para evitar o escurecimento das amostras.

### ***3.1.6 Índice de Escurecimento (IE)***

As fatias de maçãs apresentam um processo de escurecimentos na superfície durante o período de armazenamento que pode ser quantificado pelo índice de escurecimento (IE). O resultado das médias obtidas pode ser observado através da Figura 7.

Foram obtidos como resultados para o IE na superfície das maçãs valores que variaram de 32,41 a 34,42, durante o período de armazenamento, para as amostras armazenadas a 2°C, variação de 37,60 a 33,01 a temperatura de 5°C e 29,04 a 31,25 a temperatura de 7°C.



**Figura 2. 7** - Perfil dos valores de IE de maçãs minimamente processadas armazenadas 2°C, 5°C e 7°C.

As temperaturas de 2°C e 7°C apresentam uma tendência ao escurecimento como pode ser observado na Figura 7, porém não se observou um aumento significativo ( $p \geq 0,05$ ) nos valores encontrados durante o período de armazenamento nas três temperaturas. Houve diferença significativa no primeiro dia de armazenamento entre as temperaturas de 2°C e 7°C com a temperatura de 5°C que apresentou um valor discrepante em relação às outras temperaturas, o que evidencia apenas a diferença característica de cor da própria matéria-prima.

Segundo, Olivas, Mattinson e Barbosa-Cánovas, (2007) os valores para o índice de escurecimento de fatias de maçã da variedade Gala armazenadas a 5°C por um período de 8 dias, foram retardados significativamente quando as amostras foram tratadas com soluções contendo alginato e cloreto de cálcio. Os autores atribuíram o bom resultado ao uso do cloreto de cálcio que atuou como um inibidor da enzima polifenoloxidase (PFO).

Perez-gago, Serra e Ríó (2006) encontraram bons resultados com a aplicação de solução de ácido ascórbico (AA) na concentração de 1% em maçãs minimamente processadas da variedade *Golden Delicious*, armazenadas a 5°C por 13 dias, os valores para o IE variaram entre 30 e 32. Os autores observaram também resultados pouco melhores com a utilização de ácido ascórbico associada à proteína concentrada, onde os valores encontrados para o índice de escurecimento variaram de 22 a 25.

Neste estudo, os valores médios encontrados para o índice de escurecimento, diferiram um pouco dos valores encontrados por outros pesquisadores, devido provavelmente as diferenças existentes entre as matérias-primas, embalagem e condições de armazenamento utilizado em cada trabalho.

### 3.2 Análise Microbiológica

Os resultados obtidos para a contagem de coliformes a 35°C, psicrotróficos (7°C) e Salmonela (Tabela 3), estão expressos em NMP/g e UFC/g respectivamente, nas temperaturas de 2°C, 5°C e 7°C nos 1°, 6° e 11° dias de armazenamento.

Não ocorreram alterações na contagem de coliformes durante o período de armazenamento de onze dias. Para Salmonella houve ausência em 25g para todas as temperaturas durante todo período de armazenamento.

Segundo a Resolução - RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001, para frutas frescas, "*in natura*", preparadas (descascadas, selecionadas ou fracionadas) sanificadas, refrigeradas ou congeladas, para consumo direto os valores de coliformes não devem ultrapassar  $5 \times 10^2$  UFC/g. A legislação estabelece também que deve ocorrer ausência de Salmonella em 25 g de amostra para este tipo de produto. Os resultados obtidos neste estudo estão de acordo com os critérios estabelecidos pela legislação brasileira para presença de microrganismos permitidos em produtos processados.

Ocorreu aumento nos valores de contagem de psicrotróficos (7°C), que variaram de  $1,0 \times 10^2$  a  $5,0 \times 10^2$  para o armazenamento a temperatura de 2°C. A temperatura de 7°C os valores variaram de  $1,0 \times 10^2$  a  $7,7 \times 10^3$ . Como já era esperado, temperaturas maiores apresentaram crescimento mais acentuado.

Lee, Park e Choi (2003) relatam que substâncias tóxicas podem ser produzidas quando contagens microbiológicas excedem  $10^6$  UFC/g. Para maçãs armazenadas a 3°C por duas semanas, os autores encontraram valores para psicrotróficos que não excederam  $10^4$  UFC/g, valores próximos aos encontrados neste trabalho.

**Tabela 2.3** - Contagem de Coliformes totais (NMP/g), Psicotróficos (UFC/g) e Salmonella, para maçãs minimamente processadas armazenadas a 2°C, 5°C e 7°C.

	Período de armazenamento (dias)		
	1	6	11
	2°C		
Coliforme a 35°C	<3	<3	<3
Salmonella	ausência 25 g	ausência 25 g	ausência 25 g
Psicotróficos (7°C)	$1,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^2$	$5,0 \times 10^2$
	5°C		
Coliforme a 35°C	<3	<3	<3
Salmonella	ausência 25 g	ausência 25 g	ausência 25 g
Psicotróficos (7°C)	$1,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^2$	$5,7 \times 10^3$
	7°C		
Coliforme a 35°C	<3	<3	<3
Salmonella	ausência 25 g	ausência 25 g	ausência 25 g
Psicotróficos (7°C)	$1,0 \times 10^2$	$1,9 \times 10^3$	$7,7 \times 10^3$

### 3.3 Análise Sensorial

Os resultados mostram que o período de armazenamento influenciou significativamente ( $p \leq 0,05$ ) as características organolépticas das amostras armazenadas a 5°C e 7°C, apresentando redução na aceitabilidade com o decorrer do tempo (Tabela 4).

O valor encontrado para aceitabilidade das amostras mantidas a 2°C apresentou diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) quando comparado com os valores obtidos para as amostras mantidas a 5°C e 7°C, no 11º dia de armazenamento. Observou-se através dos resultados que com o aumento da temperatura de estocagem ocorreram reduções mais acentuadas na aceitação, gerando este resultado.

Os valores para aceitação no final do período de armazenamento (11 dias) para as três temperaturas foram maiores que 6 pontos (em torno de 70% de aceitação), ou seja, acima do limite mínimo estabelecido para aceitação. Os valores para aceitabilidade das amostras mantidas a 2°C apresentaram os melhores resultados, no 11º dia o valor obtido foi de 7,58 (equivalente a 84% de aceitação) valor localizado entre gostei moderadamente e gostei muito na escala hedônica utilizada.

**Tabela 2. 4** - Médias dos resultados obtidos para os testes de aceitação e Intenção de Compra das maçãs minimamente processadas armazenadas a 2°C, 5°C e 7°C.

	Período de Armazenamento (dias)		
	1	6	11
Aceitação			
2°C	7,92 <sup>aA</sup>	7,63 <sup>aA</sup>	7,58 <sup>aA</sup>
5°C	7,21 <sup>bA</sup>	7,09 <sup>b<sup>AB</sup></sup>	6,55 <sup>b<sup>B</sup></sup>
7°C	7,75 <sup>aA</sup>	7,48 <sup>aA</sup>	6,78 <sup>b<sup>B</sup></sup>
Intenção de compra			
2°C	4,11 <sup>aA</sup>	4,06 <sup>aA</sup>	3,94 <sup>aA</sup>
5°C	3,79 <sup>bA</sup>	3,82 <sup>aA</sup>	3,78 <sup>aA</sup>
7°C	4,08 <sup>aA</sup>	3,92 <sup>a<sup>B</sup></sup>	3,89 <sup>a<sup>B</sup></sup>

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 ser comercialmente viável maçãs deveriam ser aceitáveis comercialmente até pelo menos 8 dias de armazenamento (VARELA; SALVADOR; FISZMAN, 2007). Estes autores não encontram diferenças significativas até o 8º dia de estocagem para aceitabilidade de maçãs Fuji minimamente processadas, tratadas com solução conservadora contendo ácido ascórbico, ácido propiônico e cloreto de cálcio, armazenadas a temperatura de 8 + 2°C por um período de 16 dias, os valores mantiveram-se acima de 6 numa escala hedônica de 9 pontos.

Rocha e Morais (2003) obtiveram redução significativa para os valores de qualidade total de maçãs minimamente processada armazenadas a 4°C por um período de 10 dias.

Lee, Park e Choi (2003) encontraram bons resultados para maçãs da variedade Fuji, tratadas com soluções de ácido ascórbico, cloreto de cálcio e proteína concentrada de soro de leite, armazenadas 4°C durante duas semanas. O valor obtido por estes autores para aceitabilidade no 14º dia foi de 7,10, resultado próximo ao encontrado neste trabalho para as amostras armazenadas a 2°C no 11º dia que foi de 7,58.

A partir dos resultados obtidos para intenção de compra verificou-se que redução não significativa ( $p \geq 0,05$ ) ao longo do período de armazenamento, para as temperaturas de 2°C e 5°C. Indicando que não ocorreram alterações na aparência que pudessem influenciar significativamente na intenção de compra dos avaliadores, nestas temperaturas.

Verifica-se através dos resultados, para as amostras armazenadas a temperatura superiores, notas inferiores para intenção de compra. Porém os valores para intenção de compra mantiveram-se acima de 3,78 em todas as temperaturas.

Barbosa (2007) estabeleceu como limite mínimo para as médias de intenção de compra o valor 3 (talvez comprasse/ talvez não comprasse), para cenouras minimamente processadas armazenadas a 1°C, 5°C e 10°C.

Os resultados obtidos para intenção de compra, que avalia a aparência do produto, estão de acordo com os resultados obtidos para o Índice de escurecimento que não apresentou aumento significativo ( $p \geq 0,05$ ) durante o período de armazenamento.



## 4 CONCLUSÃO

O conteúdo de umidade reduziu significativamente ( $p \leq 0,05$ ) com o período de armazenamento nas temperaturas 5°C e 7°C. Como reflexo da redução no conteúdo de umidade, verificou-se aumento significativo ( $p \leq 0,05$ ) na perda de massa fresca ao longo do período de armazenamento, no entanto, a textura do produto não foi afetada já que não houve alterações significativas ( $p \geq 0,05$ ) ao longo do período de armazenamento nos valores de força máxima de perfuração nas três temperaturas. Os parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C$  e  $h$  assim como o (IE) não apresentaram alterações significativas ( $p \geq 0,05$ ) ao longo do período de armazenamento evidenciando um bom desempenho das soluções conservadoras, em todas as temperaturas estudadas. As análises microbiológicas demonstram que não ocorreu crescimento microbiano suficiente para afetar a segurança do produto. A análise sensorial apresentou índice de aceitação acima do limite mínimo estabelecido para todas as temperaturas, durante os 11 dias de armazenamento.

Conclui-se, portanto, que para as temperaturas de 2°C, 5°C e 7°C houve manutenção dos parâmetros físicos, físico-químicos, químicos e sensoriais de maçãs minimamente processadas durante um período de 11 dias de armazenamento, sendo que as amostras armazenadas a 2°C mostraram menores alterações nos parâmetros avaliados.

## REFERÊNCIAS

1. 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.
2. ALZAMORA, S.M; TAPIA, M.S; LOPÉZ-MALO, A. **Minimally Processed Fruits and Vegetables, Fundamental Aspects and Applications**. Aspen Publishers, Inc. 2000. 358p.
3. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. 2001. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4. ed. Washington: APHA, 676.
4. ANTONIO, G. C. **Influência da estrutura celular e da geometria da amostra na taxa de transferência de massa do processo de desidratação osmótica de banana nanica (*Musa cavendishi*) e de mamão formosa (*Carica papaya* L.)** 2002. 105p. Dissertação Mestrado. Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas. Campinas – SP.
5. ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS – A.O.A.C. **Official Methods of Analysis**. 17ed. Arlington: A.O.A.C, v.2.2002.
6. BARBOSA, L.N. **Influência da Temperatura na Composição Gasosa e nos Parâmetros Físico-Químicos e Sensoriais de Cenoura Orgânica (*Daucus carota* L.var.Brasilia) Minimamente Processada**. 2007. 98p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis- SC.
7. BRASIL. Agência Nacional de Vigilância. ANVISA. Resolução RDC nº12, de 02 de janeiro de 2001. Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Disponível em <http://www.anvisa.gov.br/legisl/resol.htm> Acesso em: 12 outubro, 2008.
8. CÓRDOVA, K.R.V. **Desidratação Osmótica e Secagem Convectiva de Maçã Fuji Comercial e Industrial**. 2006. 140p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba-PR.

9. FONTES, L. C.B. **Uso de solução conservadora e de películas comestíveis de maçãs da cultivar Royal Gala minimamente processadas: efeito na fisiologia e na conservação.** 2005. 118p. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo. São Paulo –SP.
10. GUZMAN, I; CANTWELL, M; BARRET, D. Fresh-cut cantaloupe; effects of CaCl<sub>2</sub> dips and heat treatments on firmness and metabolic activity. **Postharvest Biology and Technology**, v. 17, p. 201-213. 1999.
11. LEE, J.Y; PARK, H.J; LEE C.Y, CHOI, W.Y. ,Extending shelf-life of minimally processed apples with edible coatings and antibrowning agents. **Lebensm.-Wiss. U.-Technol**, v. 36, p. 323-329. 2003.
12. KADER, A.A. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. **Food Technology**, v. 40, n. 5, p. 99104,1986.
13. KANG, J.S; LEE, D.S. A Kinetic Model for Transpiration of fresh Produce in a Controlled Atmosphere. **Journal Food Engineering** v 35. 65-73p. 1998.
14. MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques.** 4<sup>a</sup> ed. New York: CRC, 2007.
15. OLIVAS, G.I; MATTINSON, D.S; CÁNOVAS, G.V, 2006. Alginate coatings of minimally processed ‘Gala’ apples. **Postharvest Biology and Technology**, v. 25, 89-96 p.2007.
16. ORDÓÑEZ, J.A. **Tecnologia de alimentos - Componentes dos Alimentos e Processos.** v.1, 157-158 p. 2005.
17. PEREZ-GAGO, M.B; SERRA, M; RÌO, M.A. Color change of fresh-cut apples coated with whey protein concentrated-based edible coatings. **Postharvest Biology and Technology**, n. 39, 84-92 p. 2006.
18. QUEIROZ, I.Q.; TREPTOW.R.O. **Análise sensorial para a avaliação da qualidade dos alimentos.** Editora da Furg. 268p. 2006.
19. ROCHA, A.M.C.N; MORAIS, A.M.M.B. Shelf life of minimally processed Apple (cv. Jonared) determined by colour changes. **Food Control**, v. 14, p. 13-20. 2003.

20. RODRIGUES L.K; PEREIRA, L.M; FERRARI, C.C; SARANTOPOULOS, C.I.G.L; HUBINGER, M.D. Vida Útil de Manga Armazenada em Embalagem com Atmosfera Modificada Passiva. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 28. p.271-278. 2008.
21. VARELA, P; SALVADOR,A; FISZMAN, S.M. The use of calcium chloride in minimally processed apples: A sensory approach. **Eur Food Res Technol** v.224: 461–46p. 2007. P
22. VILAS BOAS, E. V. de B. Tecnologia de processamento mínimo de banana, mamão e kiwi. **In: Seminário Internacional de Pós-colheita e Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças**. Brasília: EMBRAPA, p.1-7. 2002.
23. YAMASHITA, F. Filmes e revestimentos biodegradáveis aplicadas à frutas e hortaliças minimamente processadas. **Anais do III Encontro Nacional Sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças**, Viçosa, MG, p. 57-62, 2004.

## APENDICES

### Apêndice A - Ficha de Avaliação Sensorial

Nome: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

Você está recebendo três amostras (fatias) de maçãs minimamente processadas. Por favor, deguste o produto e indique o quanto você gostou do mesmo.

		amostra	amostra	amostra
1	Desgostei muitíssimo			
2	Desgostei muito			
3	Desgostei moderadamente			
4	Desgostei ligeiramente			
5	Índiferente			
6	Gostei ligeiramente			
7	Gostei moderadamente			
8	Gostei muito			
9	Gostei muitíssimo			

Comentários: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Você está recebendo três amostras (pacotes) de maçã minimamente processada. Por favor, observe o produto e avalie o mesmo em relação a sua intenção de compra.

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

Comentários: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)