

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Centro Tecnológico

Curso de pós-graduação em Engenharia de Alimentos

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES TIPOS DE EMBALAGENS EM
BRÓCOLIS (*Brassica oleracea* L. var. *Itálica*) ORGÂNICOS
MINIMAMENTE PROCESSADOS**

**FLORIANÓPOLIS
2006**

MIQUELE LAZARIN PADULA

Engenheira de Alimentos

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES TIPOS DE EMBALAGENS EM
BRÓCOLIS (*Brassica oleracea* L. var. *Itálica*) ORGÂNICOS
MINIMAMENTE PROCESSADOS**

Trabalho apresentado ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre, sob a orientação da Prof^a. Dr^a. Alcilene Rodrigues Monteiro.

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

**FLORIANÓPOLIS
2006**

*Aos meus pais, Manoel e Maria Ignez,
que mesmo distantes estão sempre
presentes na minha vida.*

Agradecimentos

À Deus por me permitir viver e sempre iluminar o meu caminho.

Aos meus amados pais Manoel e Maria Ignez, às minhas queridas irmãs Mari e Mariéle e aos pequeninos Fernanda e Paulo Vítor por serem o meu porto seguro e principalmente pelo maravilhoso fato de serem a minha família.

Ao meu noivo Antônio Cleber pelo amor incondicional, paciência, companheirismo, incentivo e por compartilhar comigo essa conquista.

À professora Alcilene Rodrigues Monteiro Fritz pela orientação e pelo aprendizado.

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

À todos os amigos do Laboratório de Propriedades Físicas (PROFI), em especial aos queridos Bruno, Carmen, Fernanda, Franciny, Gabriela, Gustavo e Lisiane, por tornarem o laboratório um lugar agradável e acolhedor. E ao professor João Borges Laurindo por disponibilizar o uso do texturômetro.

Aos amigos conquistados ao longo do curso, em especial à Abelaine, Gricielly e Paula, pelo companheirismo e confiança.

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

Ao Laboratório de processamento de Alimentos (PROALI) e à professora Mara Gabriela Novy Quadri por disponibilizar o uso do espectrofotômetro.

À empresa de produtos orgânicos minimamente processados Alento da Terra pelo fornecimento das amostras utilizadas neste trabalho.

Às professoras Edna Regina Amante, Gláucia M. F. de Aragão e Renata Dias de Mello Castanho Amboni, membros da banca examinadora.

À UFSC pela oportunidade oferecida.

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

Resumo

Este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos dos diferentes tipos de embalagem em brócolis (*Brassica oleracea* L. var Itálica) orgânicos minimamente processados durante o armazenamento. Os brócolis orgânicos selecionados, higienizados, sanitizados e centrifugados foram acondicionados em embalagens de polietileno de baixa densidade (PEBD), polipropileno (PP), câmara acrílica hermeticamente selada e câmara acrílica com canais abertos. O período de armazenamento foi de 12 dias à 10 °C, sob atmosfera modificada passiva. Para avaliar os efeitos das embalagens sobre o produto foram realizadas análises de umidade, pH, acidez total titulável e sólidos solúveis totais. A perda de massa fresca, a textura e o conteúdo de pigmentos (expressos pelo conteúdo de clorofila *a*, clorofila *b* e carotenóides) foram analisados. Todas as análises foram realizadas a cada três dias. Também foi obtida a composição gasosa diariamente ao longo do período de armazenamento, através de análise cromatográfica. As taxas de respiração foram calculadas usando o modelo baseado na equação de Michaelis-Menten. Os resultados obtidos foram: a umidade das amostras não foi afetada significativamente pelo período de armazenamento, apenas pelo tipo de embalagem. O pH, acidez total titulável e o conteúdo de sólidos solúveis aumentaram ao longo do período de armazenamento, exceto a acidez das amostras acondicionadas nas embalagens de PP, que diminuiu ao final do experimento. A perda de massa com o tempo de armazenamento foi inferior a 1 % em todas as amostras analisadas. A embalagem que melhor preservou a textura dos brócolis foi a de acrílico selado ao longo do período de armazenamento, seguida da embalagem de PP. A embalagem de PEBD apresentou ao final do período de armazenamento brócolis impróprios para o consumo. A degradação das clorofilas *a* e *b*, e a síntese de carotenóides foram mais acentuadas e visivelmente perceptíveis nas flores das amostras acondicionadas em acrílico com canais abertos. Os resultados experimentais obtidos se ajustaram bem ao modelo de cinética enzimática, exceto para os resultados das amostras acondicionadas em câmaras seladas de acrílico. Dentre as embalagens estudadas, a embalagem de polipropileno foi a que melhor preservou as características do produto durante o período de armazenamento à 10 °C.

Palavras-chave: brócolis, processamento mínimo, embalagem, atmosfera modificada.

Abstract

The aim of the present work was to evaluate the effect of the different packaging materials in the shelf life of minimally processed organic broccoli (*Brassica oleracea* L. var *Italic*). The organic broccoli samples were selected, externally sterilized, drained in a centrifuge, and then they were kept in low density polyethylene (LDPE) bags, polypropylene (PP) bags, sealed acrylic chambers and acrylic chambers with open channels. They were stored at 10 °C, during the period of 12 days. During the shelf life, moisture content, pH, titratable acidity and soluble solids content humidity analyses had been determined. The weight loss and the texture, beyond the chlorophyll content, express pigment content by the content of chlorophyll *a*, chlorophyll *b* and carotenoids, had been also analyzed. At each timed storage interval (1, 3, 6, 9, 12 days) all the analyses had been carried through. Changes in concentration of CO₂ and O₂ within the packages were monitored daily using gas chromatograph. The respiration rates had been calculated using the model based on Michaelis-Menten equation. The results obtained were: the moisture content of the samples was not affected significantly by the storage, only for the type of packing. During storage, pH values, titratable acidity and soluble solids content had increased, except the titratable acidity of the samples conditioned in the PP bags that decreased to the end of the storage. At the end of storage, the weight loss was less than 1 % in all the analyzed samples. Sealed acrylic chambers followed of the PP bags better preserved the broccoli texture. At the end of storage, the PEBD bags presented improper broccoli for the consumption. The degradation of chlorophylls *a* and *b*, and the synthesis of carotenoids had been accentuated and visibly perceivable in flowers of samples conditioned in acrylic chambers with open channels. The results of the model were in good agreement with the experimental data, except for the results of the samples conditioned in sealed acrylic chambers. Amongst the studied packages, the polypropylene bag was the one that better preserved the product characteristics during storage at 10 °C.

Key-words: broccolis, fresh cut, package, modified atmosphere packaging.

Sumário

<i>Resumo</i>	5
<i>Abstract</i>	6
1. Introdução	12
1.1. Objetivo.....	14
1.2. Objetivos específicos.....	14
1.3. Justificativa.....	14
2. Revisão Bibliográfica	16
2.1. O vegetal.....	16
2.1.1. Respiração.....	17
2.1.1.1. Modelagem da respiração.....	18
2.1.1.2. Quociente Respiratório (QR).....	21
2.1.2. Qualidade pós-colheita.....	22
2.2. Processamento mínimo.....	24
2.2.1. Fatores que afetam o produto minimamente processado.....	25
2.2.1.1. Higiene.....	25
2.2.1.2. Embalagem.....	26
2.2.1.3. Temperatura.....	28
3. Material e Métodos	29
3.1. Matéria-prima.....	29
3.2. Processamento.....	29
3.3. Acondicionamento.....	29
3.4. Avaliação da qualidade.....	30
3.4.1. Análises físico-químicas.....	30
3.5. Determinação da concentração de gases no interior das embalagens.....	33
3.5.1. Estimativas das taxas de O ₂ e CO ₂	36
3.6. Análise estatística.....	36
4. Resultados e Discussão	37
4.1. Teste preliminar- Escolha das embalagens.....	37
4.2. Caracterização físico-química.....	38
4.2.1. Umidade, pH, acidez total titulável (ATT) e sólidos solúveis totais (SST)....	38

4.2.2. Perda de massa e firmeza do produto.....	42
4.2.3. Conteúdo de pigmentos.....	49
4.3. Determinação da composição gasosa e taxa de respiração.....	54
5. Conclusões.....	59
6. Referências Bibliográficas.....	60

Lista de Figuras

Figura 1: Brócolis orgânicos minimamente processados acondicionados em embalagem de polipropileno.....	30
Figura 2: Representação esquemática da análise de textura em brócolis orgânicos minimamente processados realizadas no texturômetro.....	33
Figura 3a: Brócolis orgânicos minimamente processados acondicionados em câmara selada de acrílico com septum de borracha para coleta de gases.....	34
Figura 3b: Brócolis orgânicos minimamente processados acondicionados em câmara de acrílico com canais abertos com septum de borracha para coleta de gases.....	35
Figura 3c: Brócolis orgânicos minimamente processados acondicionados em embalagem de polipropileno com tarja de borracha para coleta de gases.....	35
Figura 4: Relação entre o período de armazenamento e a perda de massa em brócolis orgânicos minimamente processados acondicionados em diferentes embalagens armazenadas à 10 °C.....	44
Figura 5: Relação entre o período de armazenamento e a força máxima de perfuração em brócolis orgânicos minimamente processados acondicionados em diferentes embalagens armazenadas à 10 °C.....	46
Figura 6: Relação entre o período de armazenamento e a força máxima de relaxação em brócolis orgânicos minimamente processados acondicionados em diferentes embalagens armazenadas à 10 °C.....	47
Figura 7: Comparação entre a força máxima média de relaxação e a força máxima média de perfuração em brócolis orgânicos minimamente processados acondicionados em embalagens de PEBD armazenadas à 10 °C.....	48
Figura 8: Progressões das concentrações de O ₂ e CO ₂ em função do tempo para brócolis orgânicos minimamente processados acondicionados em embalagens de polipropileno armazenadas à 10 °C.....	54
Figura 9: Progressões das concentrações de O ₂ e CO ₂ em função do tempo para brócolis orgânicos minimamente processados acondicionados em câmaras de acrílico com canais abertos armazenadas à 10 °C.....	55
Figura 10: Progressão da taxa de respiração em função do CO ₂ versus Tempo, para brócolis orgânicos minimamente processados acondicionados em embalagens de polipropileno armazenadas à 10 °C.....	57

Figura 11: Progressão da taxa de respiração em função do CO₂ *versus* Tempo, para brócolis orgânicos minimamente processados acondicionados em câmaras de acrílico com canais abertos armazenadas à 10 °C.....57

Lista de Tabelas

- Tabela 1: Médias dos valores de umidade, pH, acidez total titulável (ATT) e sólidos solúveis totais (SST) de brócolis orgânicos minimamente processados acondicionados em diferentes embalagens armazenadas à 10 °C.....39
- Tabela 2: Médias dos valores da perda de massa com o tempo de armazenamento e firmeza do produto de brócolis orgânicos minimamente processados acondicionados em diferentes embalagens armazenadas à 10 °C.....43
- Tabela 3: Médias dos conteúdos de clorofila *a*, clorofila *b* e carotenóides das folhas, flores e talos de brócolis orgânicos minimamente processados acondicionados em diferentes embalagens armazenadas à 10 °C.....50
- Tabela 4: Progressões das concentrações de O₂ e CO₂ em função do tempo para brócolis orgânicos minimamente processados acondicionados em câmaras seladas de acrílico armazenadas à 10 °C.....56

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).

Visando reduzir perdas pós-colheita, agregar valor aos vegetais e oferecer produtos próximos ao *in natura* aos consumidores, pesquisadores têm se dedicado ao desenvolvimento de diferentes técnicas para atender às atuais necessidades. Uma das técnicas desenvolvidas que visa prolongar a vida útil de vegetais é o processamento mínimo combinado ao uso de embalagem com atmosfera modificada.

O processamento mínimo representa um conjunto de práticas simples e aplicáveis à maioria das frutas e hortaliças (como lavagem, corte e armazenamento), que tem como objetivos preservar a qualidade visual e nutricional dos produtos, conservá-los por mais tempo, agregar valor aos vegetais (frutas e hortaliças) e oferecer aos consumidores produtos frescos com maior praticidade (FONSECA *et al.*, 1999).

O uso de embalagem com atmosfera modificada na preservação pós-colheita de *commodities* hortícolas é uma importante técnica para reduzir perdas e manter a qualidade durante a cadeia de distribuição e a comercialização (ANZUETO & RIZVI, 1985; ZAGORY & KADER, 1988; CAMERON, 1995; GEESON, 1989; NAKHASI, SCHILIMME & SOLOMOS, 1991).

Os vegetais cortados apresentam menor barreira à difusão de gases e como consequência toleram maiores níveis de CO₂ e baixos níveis de O₂ (KADER *et al.*, 1989), o que torna imprescindível a determinação da composição de gases para estabelecer a atmosfera ótima para estocagem dos produtos. As taxas de gases no interior das embalagens são estimadas a partir de modelos matemáticos baseados na equação de Michaelis-Menten

considerando os processos competitivo, não-competitivo, incompetitivo e enzima-substrato. A equação de Arrhenius é utilizada para relacionar o efeito da temperatura na respiração do vegetal.

A manutenção da qualidade de vegetais minimamente processados envolve controle desde a produção da matéria-prima até a exposição no mercado consumidor. Estes alimentos apresentam vários tipos de reações oxidativas oriundas do processo de corte, má refrigeração e uso de embalagem inadequada. Essas reações causam mudanças nas taxas respiratórias, escurecimento do produto, descoloração de pigmentos externos, perda ou mudança de *flavor*, mudança de textura e mudança nutricional, diminuindo a qualidade dos produtos. Assim, as desordens causadas pelo processamento podem ser minimizadas por inibidores de escurecimento enzimático, atmosfera modificada provocada pelo uso da embalagem, atmosfera controlada e baixas temperaturas (ALVES *et al.*, 2000). Entretanto, muito pouco ainda se conhece sobre os mecanismos que envolvem a deterioração de vegetais minimamente processados, o que torna importante o desenvolvimento deste estudo. Além disso, a diversidade de vegetais existente e a sua variabilidade implicam numa gama de possibilidades de estudos relacionados a diferentes vegetais, visando contribuir com as necessidades das indústrias bem como com o enriquecimento da literatura.

1.1. Objetivos

Este estudo teve por objetivo avaliar os efeitos dos diferentes tipos de embalagem no armazenamento de brócolis orgânicos minimamente processados mantidos à 10 °C sob atmosfera modificada passiva.

1.2. Objetivos específicos

1. Minimizar reações de deterioração, usando diferentes embalagens combinadas à baixa temperatura, determinadas por parâmetros físico-químicos.
2. Medir experimentalmente as mudanças na atividade respiratória de brócolis através das concentrações de O₂ e CO₂ durante o período de armazenamento.
3. Determinar as taxas gasosas em termos de O₂ e CO₂ usando o modelo de cinética enzimática.

1.3. Justificativa

Buscando atender às necessidades da empresa de produtos orgânicos minimamente processados Alento da Terra, que gentilmente forneceu todas as amostras necessárias para a realização deste trabalho, os vegetais estudados foram brócolis (*Brassica oleracea* L. var. Itálica) orgânicos minimamente processados acondicionados em diferentes embalagens flexíveis e não flexíveis, a fim de se determinar as suas características e o seu comportamento durante o armazenamento à temperatura de 10 °C, já que pela conveniência e por ser uma

fonte rica em vitaminas, minerais, ferro, cálcio, fibras e compostos anticarcinogênicos, a comercialização de brócolis minimamente processados vem ocupando fatias crescentes no mercado de hortaliças.

Os vegetais minimamente processados existentes no mercado usam as mesmas embalagens indistintamente. Entretanto, é de conhecimento dos pesquisadores que os vegetais se comportam diferentemente quando colhidos, cortados e armazenados. Por isso, este trabalho busca gerar alternativa através da disponibilidade de diferentes materiais de embalagem para armazenamento e conservação de brócolis orgânicos minimamente processados. E também disponibilizar dados científicos na literatura, os quais são quase inexistentes.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. O vegetal

Nos últimos 25 anos o consumo de brócolis aumentou cerca de 940 % nos Estados Unidos. Eles são boa fonte de vitamina A, potássio, ferro e fibras, possuem tanto cálcio quanto o leite, e contém fitoquímicos importantes como o β -caroteno, que é um antioxidante, indóis e isotiocianatos (BROCCOLI TOWN, 2006). A importância dos fitoquímicos está no combate aos carcinogênicos, substâncias causadoras do câncer. Os brócolis, devido à sua composição química, auxiliam no tratamento e prevenção de doenças tais como câncer, diabetes, osteoporose, obesidade e hipertensão (BROCCOLI TOWN, 2006). Assim, os brócolis são considerados excelentes hortaliças, cinco vezes mais ricas em cálcio e cento e vinte vezes mais ricas em vitamina A do que a couve-flor (SHIZUTO, 1999). O ácido málico é o ácido orgânico predominante em brócolis (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

A colheita e a manipulação causam uma série de estresse aos brócolis, incluindo injúrias, separação da fonte de nutriente e hormônios, além da desidratação. Como um tecido imaturo, os brócolis colhidos são incapazes de manter a homeostase metabólica e, por isso a sua senescência ocorre rapidamente (HUBER, 1987; KING & MORRIS, 1994a, 1994b), baixando assim a sua qualidade pós-colheita.

Durante o período pós-colheita, a deterioração de brócolis é descrita pelo amarelecimento das flores, perda da turgescência e flacidez das flores e talos (KING & MORRIS, 1994a).

Em trabalhos prévios, Clarke e colaboradores (1994) relataram que sinais visuais de deterioração pós-colheita em brócolis ocorrem primeiramente com o declínio do conteúdo de clorofila das flores.

Por apresentar elevada taxa respiratória e conseqüentemente alta perecibilidade, os brócolis minimamente processados necessitam de cuidados especiais pós-colheita para reduzir a taxa respiratória, evitando assim, acúmulo de calor proveniente da respiração do vegetal no interior da embalagem.

2.1.1. Respiração

Respiração é um processo de quebra oxidativa de substratos orgânicos presentes nas células em moléculas simples como CO₂ e H₂O, com produção de energia e outros subprodutos que podem ser usados pelas células para sintetizar reações (WILLS *et al.*, 1989).

O processo de respiração em frutas e vegetais pode ser representado através da seguinte reação química (RYALL & PENTZER, 1979; 1982):



A respiração é um processo vital que continua mesmo depois dos vegetais e frutas serem colhidos. A vida de estocagem de vegetais tem se demonstrado inversamente relacionada à sua taxa de respiração durante a estocagem (HANDERBURG *et al.*, 1990). Ela é dependente do tipo de ambiente de estocagem fornecido, particularmente em termos de composição gasosa, umidade relativa e temperatura (FORCIER *et al.*, 1987).

A respiração aeróbica envolve uma série de reações enzimáticas que tomam lugar através de vias metabólicas da glicólise, ciclo do ácido tricarboxílico, associado ao sistema transportador de elétrons (KADER, 1987). A taxa respiratória é também governada pela difusão de O₂ e CO₂ através dos tecidos das plantas.

A redução das taxas respiratórias combinada com a baixa produção de etileno e redução na sua sensibilidade resulta numa melhor retenção de clorofila (cor verde), textura (menor amolecimento e lignificação), e atributos sensoriais de vegetais (KADER *et al.*, 1989).

2.1.1.1. Modelagem da respiração

As Equações 1, 2 e 3 são aplicadas para estimar as taxas de respiração. São baseadas no modelo cinético de Michaelis-Menten e apresentada por Lee *et al.* (1991); Fonseca *et al.* (2000) e Lamertyn *et al.* (2001):

$$r = \frac{V_m [O_2]}{K_m + (1 + [CO_2]/K_i)[O_2]} \quad (1)$$

Onde:

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

$$r_{CO_2} = -\frac{d[CO_2]}{100dt} \left(\frac{V}{W} \right) + \frac{SP_{CO_2} ([CO_2]/100)p}{WL} \quad (3)$$

Onde: $[O_2]$ e $[CO_2]$ são as concentrações de oxigênio e dióxido de carbono, respectivamente; V_m , K_m e K_i são parâmetros da concentração de O_2 e CO_2 , respectivamente obtidos a partir do consumo de O_2 e produção de CO_2 , estimados por linearização da Equação 3; L é a espessura do filme (mm); P_{O_2} e P_{CO_2} é a permeabilidade do filme para O_2 e CO_2 (mL/m².h.atm), respectivamente; r_{O_2} e r_{CO_2} a taxa de respiração do oxigênio e dióxido de carbono (mL/kg. h), respectivamente; S é a área da superfície da embalagem (m²); t é o

tempo (h); V é o volume livre da embalagem (mL); W é a massa de produto acondicionado na embalagem (kg).

A equação de Arrhenius é usada para predizer o efeito da temperatura na taxa de respiração (Equação 4):

$$k_i = k_{i\infty} \exp\left(-\frac{\Delta H_{ri}}{RT_r}\right) \quad i = 1,2,3 \quad (4)$$

Onde: k_i é constante, $k_{i\infty}$ constantes da regressão; ΔH_{ri} energia de ativação da reação (J/mol); R constante universal dos gases (J.K/mol) e T_r temperatura de reação (K).

Yang e Chinnan (1988) sugeriram que os princípios de cinética química devem ser apropriados para modelar a respiração do produto. Lee e colaboradores (1991) mostraram que a equação tipo Michaelis-Menten é útil baseada na seguinte razão: a respiração em um produto fresco é possivelmente governada por uma reação enzimática catalisada por uma enzima alostérica e regulada através da inibição por *feedback* (SOLOMOS, 1983). A solubilidade e difusão de O₂ e CO₂ no tecido da planta possivelmente limitam a taxa de respiração. Uma similaridade entre a respiração num produto fresco e a respiração microbiana pode ser observada examinando os dados publicados para a respiração. Além do mais, concluíram que a equação de Michaelis-Menten pode descrever a respiração do produto, porque essa equação tem sido comumente utilizada para descrever reações enzimáticas quando certas considerações são adotadas (BAILEY & OLLIS, 1977). A equação de Michaelis-Menten também tem sido usada para descrever a taxa respiratória de microrganismos nos processos de fermentação industrial (ARNOLD & STEEL, 1958; STANBURY & WHITAKER, 1984) e reações de difusão controlada (BAILEY & OLLIS, 1977).

Baseada na similaridade entre a respiração do produto fresco e a respiração microbiana, a cinética enzimática tipo Michaelis-Menten foi aplicada para modelar a respiração do produto fresco. De acordo com Lee e colaboradores (1991), quando CO₂ está ausente, a dependência da concentração de O₂ pode ser descrita como:

$$r = V_m [O_2] / K_m + [O_2] \quad (5)$$

A dependência da respiração na concentração de CO₂ foi modelada baseando-se na inibição incompetitiva, que tem sido usada exclusivamente para a inibição do produto em reações envolvendo vários substratos e produtos (CORNISH-BOWDEN, 1979). Para o processo de respiração, o mecanismo de inibição incompetitiva deve-se ao CO₂ e é expresso como:

$$R = V_m [O_2] / K_m + (1 + [CO_2]/K_i) [O_2] \quad (6)$$

A Equação 6 é válida apenas quando o produto realiza respiração aeróbica, ou seja, quando há O₂ suficiente e disponível para agir como substrato (LEE *et al.*, 1991).

Segundo Fonseca e colaboradores (2002), a inibição competitiva ocorre quando ambos o inibidor (CO₂) e o substrato competem pelo mesmo sítio ativo da enzima. Assim, a taxa respiratória máxima é mais baixa em elevadas concentrações de CO₂. A inibição incompetitiva ocorre quando o inibidor reage com o complexo enzima-substrato. Assim, a taxa respiratória máxima não é muito influenciada por elevadas concentrações de CO₂. A inibição não-competitiva ocorre quando o inibidor reage com ambos, com a enzima e com o complexo enzima-substrato.

Raghavan e colaboradores (1999) tiveram sucesso quando utilizaram o modelo de reação enzimática e a equação de Arrhenius para prever o efeito da temperatura na modelagem da taxa respiratória de brócolis variando a composição gasosa e a temperatura.

Ratti e colaboradores (1996) também utilizaram o modelo de reação enzimática e a equação de Arrhenius para modelar a taxa respiratória de couve-flor e obtiveram bons resultados no modelo com os resultados experimentais.

2.1.1.2. Quociente Respiratório (QR)

Segundo Chitarra & Chitarra (1990), a relação entre o volume de CO₂ desprendido e o volume de O₂, fixado ou consumido pelo fruto, ou outro órgão vegetal, no processo de respiração pós-colheita, é conhecida como “Quociente Respiratório” (QR).

$$QR = \frac{0,727r_{CO_2}}{r_{O_2}} \quad (7)$$

Onde: r_{CO_2} é a taxa de CO₂ produzida no interior da embalagem (mg_{CO2}/kg.h); r_{O_2} é a taxa de O₂ consumida no interior da embalagem (mg_{O2}/kg.h) e 0,727 é a razão entre o peso molecular de O₂ e CO₂ (RAGHAVAN *et al.*, 1999).

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

de cada substrato para a respiração e de seu conteúdo relativo de carbono, hidrogênio e oxigênio.

Segundo Fonseca e colaboradores (2002), a taxa de CO_2 produzido para o O_2 consumido, conhecido como quociente respiratório (QR), é normalmente assumida para ser igual a 1,0 se os substratos metabólicos são carboidratos. Valores maiores que a unidade são indicativos de que substratos com maior teor de O_2 como ácidos orgânicos, estão sendo utilizados na respiração. Comparados aos açúcares, há menor requerimento de oxigênio para evolução da mesma quantidade de CO_2 . Quando o QR é inferior à unidade, diferentes modificações no processo respiratório podem estar ocorrendo.

De acordo com Chitarra & Chitarra (1990), o QR é afetado tanto por fatores químicos como físicos, principalmente pela temperatura e pelas diferenças na solubilidade e coeficiente de difusão dos dois gases, O_2 e CO_2 , devendo ser medido quando a taxa de respiração encontra-se estabilizada.

2.1.2. Qualidade pós-colheita

A qualidade de frutos e hortaliças corresponde ao conjunto de atributos ou propriedades que os tornam apreciados como alimento (CHITARRA & CHITARRA, 1990). Segundo esses autores, as matérias-primas destinadas ao processamento têm suas características de qualidade divididas em três categorias:

- Sensoriais: incluem cor, brilho, tamanho, forma, defeitos, odor e sabor.
- Intrínsecas: valor nutritivo, presença de substâncias tóxicas e adulterantes.
- Quantitativas: também são consideradas como atributos de qualidade, uma vez que fazem parte da avaliação total do produto.

A cor dos vegetais pode ser avaliada através do conteúdo de clorofila, pigmento abundante nos vegetais de cor verde, principalmente em folhas e frutos jovens. A perda de cor verde deve-se à decomposição estrutural desse pigmento, em decorrência de vários fatores que atuam isoladamente ou em conjunto. Dentre eles podem ser citadas as transformações no pH, causadas principalmente pelo acúmulo de ácidos orgânicos e outros compostos nos vacúolos; ativação da enzima clorofilase e presença de sistemas oxidantes (CHITARRA & CHITARRA, 1990). Sorby (1983) definiu a partir de seus estudos, a clorofila *a* ou “clorofila azul” como sendo o pigmento responsável pela coloração azul-verde, e a clorofila *b* ou “clorofila amarela” como responsável pela coloração verde-capim de algas.

Os carotenóides são, em geral, pigmentos de cor amarela a laranja, predominantes em frutos cítricos, manga, mamão e abacaxi. Encontram-se como carotenos ou como ésteres da xantofila, sendo a intensidade de cor dependente da quantidade e do tipo de pigmento presente. Os carotenóides podem também apresentar coloração vermelha, como no caso do licopeno, principal pigmento do tomate. Os pigmentos carotenóides podem já estar presentes, tornando-se visíveis com a degradação da clorofila ou podem ser sintetizados, simultaneamente, com a degradação desta. Em tomates, há uma intensa degradação de clorofila durante o amadurecimento, com síntese gradual de licopeno. Em bananas, a degradação da clorofila é o principal evento, enquanto que a síntese de outros pigmentos é realizada em níveis relativamente baixos. De modo oposto, em alguns cultivares de maçã, as modificações na cor da casca, são devidas preferencialmente à síntese de carotenos, do que a uma grande degradação da clorofila (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

A textura dos gêneros alimentícios está acima de qualquer outro atributo sensorial, exceto o sabor, que é fundamental. O consumidor, ao comprar um gênero alimentício, primeiramente avalia as características externas, tais como a aparência visual e textura, portanto estas precisam ter alta qualidade. Meullenet *et al.* (1997) definiram textura como a

manifestação sensorial da estrutura do alimento, e a maneira como esta estrutura reage à aplicação de forças. A textura do tecido vegetal é determinada principalmente pelas propriedades da parede celular, da lamela média e da pressão de turgor (JACKMAN & STANLEY, 1995). Além disso, outros fatores como a força de ligação entre as células, a densidade do empacotamento celular, o tamanho e o formato das células, o volume ocupado pelo vacúolo, o volume ocupado pelos espaços intercelulares, a presença de grânulos de amido, a temperatura e a composição química da célula também afetam as propriedades de textura do tecido vegetal (KHAN & VICENT, 1990; CHIRALT *et al.*, 2001a; LEWICKI & PORZECKAPAWLACK, 2005).

2.2. Processamento mínimo

Frutas e vegetais são produtos altamente perecíveis que continuam seus processos metabólicos após a colheita (FONSECA *et al.*, 2000).

O estresse imposto pela colheita, como as injúrias, a falta de nutrientes e de água, as mudanças nas taxas de hormônio e o choque de temperatura são particularmente os agentes que causam a rápida perda pós-colheita. Como consequência, estes agentes são desenvolvidos normalmente após a colheita e aumentam rapidamente a senescência (HUBER, 1987). A senescência é definida como os processos que se seguem à maturidade fisiológica ou horticultural e que conduzem à morte dos tecidos, ou seja, a senescência é o período no qual os processos anabólicos (síntese) diminuem, havendo a predominância dos processos catabólicos (degradação), que são responsáveis pelo envelhecimento e morte dos tecidos (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

Visto a necessidade de se estender a vida útil de frutas e vegetais, muitas pesquisas foram feitas, resultando em alguns avanços tecnológicos pós-colheita, dentre outros se

encontram os produtos minimamente processados, que segundo Wiley (1997) foram definidos como aqueles preparados através de uma ou diversas operações, tais como descascamento, fatiamento ou corte e conservação usando tratamentos preservativos isolados ou combinados.

2.2.1. Fatores que afetam o produto minimamente processado

2.2.1.1. Higiene

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).

As Boas Práticas de Fabricação incluem elementos, como por exemplo, limpeza e sanitização, higiene pessoal e do ambiente fabril, projeto higiênico-sanitário da planta e manutenção preventiva. Essas condições estão bem estabelecidas e têm sido empregadas há bastante tempo pelo setor alimentício, de tal forma que qualquer estabelecimento processador de alimentos trabalha de acordo com um destes itens (WALLACE & WILLIAMS, 2001).

Procedimentos Padrão de Higienização Operacional (PPHO) compreendem a descrição completa das atividades específicas necessárias para manter as instalações e utensílios livres de microorganismos patogênicos e com a microbiota deteriorante minimizada, que conseqüentemente previne a contaminação do alimento quando em contato com estes utensílios e instalações, estando incluído no sistema BPF (OLIVEIRA & MASSON, 2003).

2.2.1.2. Embalagem

A tecnologia para o desenvolvimento de embalagens avançou muito nos últimos anos e está sendo largamente empregada para diminuir os processos metabólicos de frutas e hortaliças *in natura* e processadas, além de colaborar com o sucesso comercial do produto através dos apelos visuais de propaganda (FONSECA *et al.*, 2000).

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 CO₂ e O₂, modificando a atmosfera em que o produto se encontra. Nessa atmosfera, a taxa respiratória deve ser reduzida, inibindo a produção de etileno e sua ação (FONSECA *et al.*, 2000; CARVALHO, 2000; LIMA, 2000).

O tipo ideal de embalagem é aquele que possibilita concentração de O₂, suficientemente baixa para retardar a respiração, porém, mais alta que a concentração crítica para o início da respiração anaeróbica (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

Atualmente, a refrigeração aliada ao uso de embalagens com atmosfera modificada (AM) destaca-se entre as técnicas utilizadas para retardar a senescência e estender a vida de prateleira dos produtos minimamente processados (HANSEN *et al.*, 2001).

AM é uma modificação na atmosfera que se encontra na interface entre o processo natural da respiração e a troca gasosa através da embalagem. Devido à respiração, existe a liberação de dióxido de carbono (CO₂) e a depreciação de oxigênio (O₂) que é regulada pela troca gasosa através da embalagem assim que, no equilíbrio, concentrações adequadas de O₂ e CO₂ sejam alcançadas. Os baixos níveis de O₂ e elevados níveis de CO₂ na embalagem com AM podem potencialmente reduzir a taxa respiratória, a sensibilidade e produção de etileno, decréscimo das alterações fisiológicas conhecidas como oxidação, com o benefício resultante

de estender a vida de prateleira de produtos frescos (KADER, ZAGORY & KERBEL, 1989; SALTVEIT, 1993).

De acordo com Kader (1986), a modificação da atmosfera em uma embalagem plástica pode ser estabelecida de forma passiva ou ativa. A atmosfera modificada passiva se estabelece pela própria respiração do produto e a permeabilidade do material da embalagem, enquanto em atmosfera modificada ativa é feita pela injeção de gases no interior da embalagem, no momento que o produto é embalado.

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. Em geral, a concentração dos gases no interior das embalagens é determinada por cromatografia gasosa.

Forney e colaboradores (1989) relataram que brócolis embalados em filme de PVC (que resultou num acúmulo de cerca de 10 % de CO₂ dentro das embalagens) retiveram turgescência e umidade significativamente melhores do que nas amostras controles não embaladas.

O embalamento de brócolis usando filmes poliméricos tem demonstrado retardar a deterioração e aumentar a manutenção de nutrientes e da cor. Rij e Ross (1987) observaram um aumento na cor verde e na preservação da turgescência e reduziram a perda de água em talos de brócolis embalados.

Carvalho e Clemente (2004) observaram um efeito marcante do uso de embalagem com atmosfera modificada para brócolis em comparação ao tratamento controle, sendo que, para todos os tratamentos embalados foram observados: melhor retenção de vitamina C, menor perda de massa, menor atividade de peroxidase e as melhores notas para textura.

2.2.1.3. Temperatura

A temperatura é o principal fator de deterioração de alimentos *in natura* ou processados. O armazenamento sob temperaturas de refrigeração é um dos métodos mais efetivos e práticos utilizados no prolongamento da vida útil de vários produtos vegetais. Sendo assim, a temperatura de armazenamento é o fator mais importante e vital, uma vez que regula as taxas de todos os processos fisiológicos e bioquímicos de vegetais intactos e minimamente processados (LIMA, 2000; CHITARRA & CHITARRA, 1990).

A redução da temperatura permite que a pressão de vapor da água presente nos tecidos diminua evitando sua evaporação e conseqüentemente murchamento, enrugamento e perda de turgescência, gerando a perda da qualidade sensorial (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

A temperatura pode variar significativamente ao longo da cadeia de distribuição. Uma embalagem que é delineada para uma temperatura específica de estocagem pode não ser apropriada para outra temperatura devido aos diferentes efeitos da temperatura em relação à permeabilidade e taxa respiratória (FONSECA *et al.*, 2002).

Reações biológicas geralmente aumentam de 2 a 3 vezes a cada aumento de 10 °C na temperatura dentro da faixa de temperatura normalmente encontrada na cadeia de distribuição e comercialização (BURZO, 1980; ZAGORY & KADER, 1998).

3. Material e Métodos

3.1. Matéria-prima

Os brócolis (*Brassica oleracea* L. var. Itálica) orgânicos minimamente processados utilizados neste trabalho são provenientes da cidade de Urubici, localizada na serra catarinense. As amostras foram processadas e fornecidas pela empresa de produtos orgânicos Alento da Terra, situada em Ratones, Florianópolis-SC.

3.2. Processamento

O processamento das amostras e o seu embalagem foram realizados na empresa Alento da Terra. Os brócolis foram selecionados, lavados em água corrente refrigerada, separados na forma de talos com faca de aço inoxidável (previamente higienizada), sanitizados em solução aquosa de hipoclorito de sódio (50 ppm) resfriada à 15 °C, por 20 minutos, centrifugados e embalados.

3.3. Acondicionamento

Os brócolis foram acondicionados em sacos de polipropileno (Figura 1), contendo 250 gramas de amostra cada. As amostras foram mantidas por 12 horas em uma câmara de refrigeração à 8 °C e transportadas em caminhão refrigerado à 8 °C ao Laboratório de Propriedades Físicas da UFSC.



Figura 1: Brócolis orgânicos minimamente processados acondicionados em embalagem de polipropileno

Todas as amostras embaladas foram armazenadas em estufa tipo BOD da marca Expectron, modelo ECB-EX, durante 12 dias à temperatura de 10 °C e umidade relativa de 78,8 %.

3.4. Avaliação da qualidade

A qualidade do produto foi avaliada por meio de análises físico-químicas durante o período de estocagem estudado.

3.4.1. Análises físico-químicas

As análises físico-químicas realizadas neste estudo foram: conteúdo de umidade, pH, acidez total titulável, sólidos solúveis totais, conteúdo de pigmentos, perda de massa com o tempo de armazenamento e firmeza do produto. As análises foram realizadas em triplicata por embalagem, no 1º, 3º, 6º, 9º e 12º dias de armazenamento, com repetição dos experimentos.

Conteúdo de umidade: 5 gramas de amostras foram pesados e estocados em estufa Tecnal, modelo TE-394/2, à 70 °C por 24 horas. Os recipientes contendo as amostras, placas de Petri, foram inseridos em um dessecador para esfriar por 30 minutos e posteriormente pesados em uma balança semi-analítica Tecnal, com precisão de 0,001 grama. O conteúdo de umidade foi calculado em porcentagem de umidade, base úmida.

pH: pesou-se 50 gramas da amostra e homogeneizou-se em liquidificador doméstico Arno, modelo Faciliq Super, com 100 mL de água destilada. O pH dos vegetais homogeneizados foi determinado utilizando-se um medidor de pH digital Analion, modelo PM 600.

Acidez total titulável (ATT): 5 gramas de amostra foram misturados com 100 mL de água destilada em liquidificador doméstico Arno, modelo Faciliq Super. Uma alíquota de 5 mL da mistura foi diluída em 30 mL de água destilada. Essa diluição foi necessária para que se tornasse visível o ponto de viragem da titulação, já que a solução apresentava coloração verde escura. A titulação foi feita com solução de hidróxido de sódio 0,1 N, e os resultados foram expressos em porcentagem de ácido málico, utilizando-se da Equação 8:

$$\text{Equivalente de Ácido Málico}/(100 \text{ g de amostra}) = V * f * N * PE * 100/P \quad (8)$$

Onde: V é o volume (mL) de NaOH gasto na titulação; f é o fator de correção; N é a normalidade da solução de NaOH; P é a massa (g) de amostra e PE peso equivalente grama do ácido málico.

Sólidos solúveis totais (SST): o teor de sólidos solúveis totais das amostras foi obtido através do suco dos vegetais, o qual foi extraído com espremedor manual de frutas. A análise foi realizada com o auxílio de um refratômetro portátil óptico manual, que fornece medidas

diretas em graus Brix, com resolução de 0,2 °B, sem a necessidade de correção em função da temperatura.

Conteúdo de pigmentos: aproximadamente 65 mg de talos, folhas e flores de brócolis foram colocados separadamente em tubos de ensaio contendo 5 mL do solvente dimetilsulfóxido, por 48 horas, para que ocorresse a completa extração dos pigmentos. A absorbância do sobrenadante foi determinada por meio colorimétrico, utilizando-se um espectrofotômetro marca Spectronic Unicam, modelo Genesys 10 vis. Os comprimentos de onda utilizados foram: 480, 649 e 665 nm. O conteúdo dos pigmentos (clorofila *a*, clorofila *b* e carotenóides) foi obtido a partir de equações propostas por Wellburn (1994).

Perda de massa com o tempo de armazenamento: as amostras foram pesadas em uma balança semi-analítica, marca Tecnal. A perda de massa fresca durante o armazenamento foi determinada conforme Equação 9.

$$\% \text{ de perda de massa fresca} = \left(1 - \frac{M_n}{M_o}\right) \times 100 \quad (9)$$

Sendo M_o a massa no tempo inicial do armazenamento (1º dia) e M_n a massa para os dias posteriores de análise ($n = 3, 6, 9$ e 12).

Firmeza do produto: a força máxima de perfuração e a força máxima de relaxação, ambas expressas em Newton (N), foram determinadas através de um texturômetro digital marca Stable Micro System, modelo TAXT2i 500, utilizando-se uma probe de 2 mm de diâmetro, velocidade de perfuração de 3,3 mm/s, profundidade de perfuração de 6,3 mm e tempo de

corrida de 120 segundos (Figura 2). As análises de firmeza foram realizadas com 8 talos de brócolis de cada embalagem, sendo cada talo perfurado uma vez.

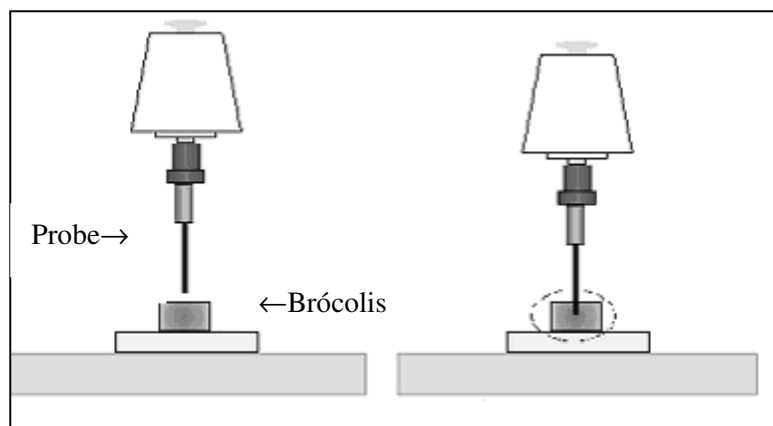


Figura 2: Representação esquemática da análise de textura em brócolis orgânicos minimamente processados realizada no texturômetro
Fonte: PAES (2005).

3.5. Determinação da concentração de gases no interior das embalagens

Para determinação da concentração de gases no interior das embalagens, 250 gramas do produto processado foram acondicionados em três diferentes embalagens (descritas a seguir) e armazenados à temperatura de 10 °C. A coleta de gás foi realizada em triplicata por embalagem, diariamente durante o período de armazenamento, com auxílio de uma seringa. As concentrações de CO₂ e O₂ no interior das embalagens foram determinadas por cromatografia gasosa através de um cromatógrafo CG Instrumentos Científicos, modelo CG 35, com detector de condutividade térmica, peneira molecular e coluna de Porapak Q, utilizando Hélio como gás de arraste com vazão de 30 mL/min. A temperatura do detector foi de 133 °C, da coluna 53 °C e corrente de 240 mA. O tempo de retenção de CO₂ foi 2 minutos e o tempo de retenção de O₂ foi 1 minuto. As amostras de gás padrão foram retiradas à pressão de 1 atm.

As embalagens utilizadas na determinação da concentração de gases foram:

- a) Câmara de acrílico (embalagem não flexível) hermeticamente selada, na lateral externa da câmara foi adaptado um septum de borracha para a coleta dos gases (Figura 3a).
- b) Câmara de acrílico (embalagem não flexível) contendo dois canais abertos de 17 cm de comprimento e diâmetro de 2,9 mm cada, na lateral externa da câmara foi adaptado um septum de borracha para a coleta dos gases (Figura 3b).
- c) Embalagem flexível de polipropileno, uma tarja de borracha foi adaptada na parte externa das embalagens para permitir a retirada de gases (Figura 3c).



Figura 3a: Brócolis orgânicos minimamente processados acondicionados em câmara selada de acrílico com septum de borracha para coleta de gases



Figura 3b: Brócolis orgânicos minimamente processados acondicionados em câmara de acrílico com canais abertos com septum de borracha para coleta de gases



Figura 3c: Brócolis orgânicos acondicionados em embalagem de polipropileno com tarja de borracha para coleta de gases

3.5.1. Estimativas das taxas de O₂ e CO₂

Para as estimativas das taxas gasosas (O₂ e CO₂) no interior das embalagens, o modelo aplicado foi baseado na equação de Michaelis-Menten, para interação enzima substrato, descrito nas Equações 1, 2 e 3.

3.6. Análise estatística

As influências dos fatores período de armazenamento e embalagem foram analisadas sobre os parâmetros físico-químicos através da análise de variância (ANOVA), com auxílio do programa Statistica 6.0. Os parâmetros físico-químicos que apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) para o fator embalagem foram submetidos ao teste de médias (Teste de Tukey).

4. Resultados e Discussão

4.1. Teste preliminar – Escolha das embalagens

O teste preliminar de vida útil de brócolis orgânicos minimamente processados foi realizado apenas com análise visual, usando-se como parâmetros a cor, a integridade e a aparência geral das amostras acondicionadas em diferentes embalagens flexíveis e não flexíveis, e armazenadas à temperatura de 10 °C. Os testes foram realizados com o objetivo de avaliar visualmente qual das embalagens preservaria as características do produto por mais tempo.

Foram testadas embalagens flexíveis de polipropileno (PP), polietileno de baixa densidade (PEBD), laminada (mistura de PEBD e laminados), PEBD estampada (mistura de polímeros com PEBD em maior quantidade) e PEMD (polietileno de média densidade), e embalagens não flexíveis de polimetilmetacrilato (acrílico) completamente seladas e com canais abertos (ambas de mesma espessura).

A análise visual do produto foi de 12 dias. As embalagens selecionadas foram as de PP e PEBD (embalagens flexíveis), e as embalagens acrílicas seladas e com canais abertos (embalagens não flexíveis). Os filmes de PP utilizados apresentavam espessura de 55 µm e os de PEBD 75 µm, enquanto as embalagens de acrílico apresentavam espessura igual a 4000 µm. As demais embalagens foram descartadas por não preservar as características do produto ao final de 12 dias de armazenamento.

Após a seleção das embalagens, os experimentos foram iniciados com a caracterização físico-química seguida da caracterização da composição gasosa das amostras acondicionadas nas diferentes embalagens.

4.2. Caracterização físico-química

A caracterização físico-química das amostras de brócolis orgânicos minimamente processados acondicionadas em diferentes embalagens e armazenadas à temperatura de 10 °C será apresentada nas Tabelas 1, 2 e 3.

4.2.1. Umidade, pH, acidez total titulável (ATT) e sólidos solúveis totais (STT)

Os resultados das análises de umidade, pH, acidez total titulável (ATT) e sólidos solúveis totais (SST) das amostras acondicionadas nas embalagens de PEBD, PP, acrílica com canais abertos e acrílica selada estão apresentados na Tabela 1.

A umidade média, expressa em porcentagem (base úmida), variou de 85,74 % a 88,67 % nas amostras acondicionadas nas diferentes embalagens. O conteúdo de umidade médio obtido em brócolis orgânicos neste trabalho está de acordo com o valor encontrado por Zhuang *et al.* (1995), que determinaram umidade de 87 % para brócolis da cultivar *Iron Duke*. Os resultados obtidos também estão próximos dos valores encontrados por Barth e colaboradores (1993), que determinaram umidade de 90 % para brócolis da cultivar *Green Belt* no início de seus experimentos e após 96 horas de estocagem à 10 °C, a umidade foi de 89,8 % para brócolis acondicionados em *containers* sem tampa cobertos com filme plástico de dupla camada e 87,7 % para brócolis embalados em caixas de papelão sem cobertura.

Tabela 1: Médias dos valores de umidade, pH, acidez total titulável (ATT) e sólidos solúveis totais (SST) de brócolis orgânicos minimamente processados acondicionados em diferentes embalagens armazenadas à 10 °C

Embalagem	Período de armazenamento (dias)					Média geral
	1	3	6	9	12	
<i>Umidade (%)</i>						
PEBD ^{NS}	88,04	88,47	88,04	88,63	87,97	88,23 a
Polipropileno ^{NS}	87,45	87,83	87,61	88,67	87,78	87,87 a
Acrílico aberto ^{NS}	86,35	87,06	88,06	87,65	87,92	87,41 a b
Acrílico selado ^{NS}	86,81	85,74	86,88	86,53	86,66	86,52 b
<i>pH</i>						
PEBD ^S	6,08	6,55	6,63	6,00	6,43	6,34 a
Polipropileno ^S	6,16	6,44	6,45	6,28	6,60	6,39 a
Acrílico aberto ^S	6,37	6,66	6,40	6,39	6,58	6,48 a
Acrílico selado ^S	6,21	6,34	6,41	6,62	6,63	6,44 a
<i>ATT (% de ácido málico)</i>						
PEBD ^S	0,69	0,63	0,71	0,58	0,76	0,67 a
Polipropileno ^S	0,69	0,66	0,57	0,60	0,64	0,63 a
Acrílico aberto ^S	0,53	0,67	0,66	0,80	0,77	0,69 a
Acrílico selado ^{NS}	0,54	0,50	0,60	0,62	0,67	0,59 a
<i>SST (°Brix)</i>						
PEBD ^S	5,20	5,50	4,30	5,70	8,30	5,80 a
Polipropileno ^{NS}	4,80	4,80	4,10	5,50	5,80	5,00 a
Acrílico aberto ^S	3,10	3,00	3,90	4,60	5,50	4,02 a
Acrílico selado ^S	4,20	4,40	4,20	6,00	6,30	5,02 a

^SEfeito significativo ao nível de 5 % de probabilidade para o fator período de armazenamento

^{NS} Efeito não significativo ao nível de 5 % de probabilidade para o fator período de armazenamento

* Médias gerais seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si estatisticamente ao nível de significância de 5 % pelo Teste de Tukey para o fator embalagem

O pH das amostras acondicionadas em PEBD variou de 6,08 no 1º dia para 6,43 no 12º dia de armazenamento. Para as amostras acondicionadas em PP, a variação foi de 6,16 a 6,60. Para as amostras em acrílico com canais abertos, obteve-se 6,37 no 1º dia e 6,58 no último dia. E, para as amostras acondicionadas nas embalagens seladas de acrílico, o pH variou de 6,21 a 6,63.

A elevação do pH ao longo do período de armazenamento, como observado no presente trabalho, tem sido associada por Medlicott e Jeger (1987) com a utilização de ácidos orgânicos em excesso, armazenados nos vacúolos como substrato respiratório. Os valores de pH encontrados para as amostras estudadas estão próximos dos valores encontrados por Artés *et al.* (2001) para a cultivar *Botrytis*, que foram de 6,50 no dia da colheita, de 6,51 a 6,72 para brócolis armazenados por 7 dias à 1,5 °C e de 6,51 a 6,58 para brócolis armazenados por 2,5 dias à 20 °C.

A acidez total titulável, expressa em porcentagem de ácido málico, variou de 0,69 no 1º dia a 0,76 no último dia de armazenamento nas amostras acondicionadas em PEBD. Nas amostras embaladas em PP, a variação foi de 0,69 a 0,64. Já nas amostras acondicionadas em acrílico com canais abertos, a ATT variou de 0,53 a 0,77. Enquanto que nas amostras acondicionadas nas embalagens seladas de acrílico, a variação foi de 0,54 no 1º dia a 0,67 no 12º dia de armazenamento.

Os valores encontrados para a ATT das amostras estudadas não estão de acordo com os valores encontrados por Artés *et al.* (2001), que encontraram valores de 0,056 mg de ácido cítrico/100 mL para brócolis da cultivar *Botrytis* no dia da colheita, após 7 dias armazenados à 1,5 °C, os resultados foram de 0,065 mg de ácido cítrico/100 mL para brócolis acondicionados em PVC e 0,057 a 0,082 mg de ácido cítrico/100 mL para brócolis embalados em PEBD de diferentes espessuras, e após 2,5 dias à temperatura de 20 °C os resultados encontrados foram de 0,083 mg de ácido cítrico/100 mL e de 0,079 a 0,102 mg de ácido cítrico/100 mL para

brócolis embalados em PEBD de diferentes espessuras. Esta diferença pode ser explicada pelo fato de se tratar de variedades distintas de brócolis e também pela utilização de uma metodologia diferente para a determinação da acidez total titulável.

Foi verificado que a ATT aumentou gradativamente ao longo do período de armazenamento, exceto para as amostras acondicionadas em embalagens de PEBD. Observa-se que mesmo a acidez apresentando aumento ao longo do período de armazenamento, o pH permanece sem grandes modificações, mesmo com efeito significativo para o período de armazenamento. Este comportamento, provavelmente, ocorreu devido a uma variação na composição de ácidos presentes nos tecidos vegetais. Segundo Chitarra & Chitarra (1990), a capacidade tampão de alguns sucos permite que ocorram grandes variações na acidez titulável, sem variações apreciáveis no pH. A medida de pH retrata a concentração de hidrogênios ionizados na polpa dos frutos ou vegetais, a acidez titulável expressa o conteúdo total de hidrogênios, inclusive na forma não-dissociada. De acordo com Pereira (2003), nos períodos de armazenamento, quando a acidez e o pH têm valores elevados, no meio provavelmente existe uma maior concentração de ácidos na forma não-dissociada como, por exemplo, os ácidos fracos (ácido cítrico e ácido ascórbico).

O teor de sólidos solúveis totais (SST), expresso em graus Brix aumentou durante o período de armazenamento em todas as amostras analisadas, confirmando um comportamento esperado, já que sua tendência é de aumento com a perda de água. O teor de SST variou de 5,20 no 1º dia a 8,30 °B no último dia para as amostras embaladas em PEBD. Nas amostras embaladas em PP, o teor de SST variou de 4,80 a 5,80 °B. Nas amostras acondicionadas nas embalagens de acrílico com canais abertos, a variação foi de 3,10 a 5,50 °B. E nas amostras acondicionadas nas embalagens acrílicas seladas, a variação foi de 4,20 no 1º dia a 6,30 °B no 12º dia de armazenamento. Os teores de sólidos solúveis totais das amostras analisadas foram inferiores aos valores encontrados por Artés *et al.* (2001) para a cultivar *Botrytis*. No dia da

colheita o valor obtido foi de 8,4 %, após 7 dias à temperatura de 1,5 °C foi de 8,5 % para as amostras acondicionadas em PVC, 8,0 % a 8,2 % para brócolis acondicionados em PEBD de diferentes espessuras. E após 2,5 dias armazenados a 20 °C, o valor obtido foi de 9,1 % para brócolis acondicionados em PVC e 7,5 % a 8,1 % para brócolis acondicionados em PEBD.

Todas as embalagens estudadas se mostraram eficientes para garantir a qualidade do produto contido em seu interior em relação às características descritas acima durante o período de armazenamento de 12 dias à temperatura de 10 °C.

4.2.2. Perda de massa e firmeza do produto

A Tabela 2 apresenta os resultados da perda de massa com o tempo de armazenamento e firmeza das amostras acondicionadas nas embalagens de PEBD, PP, acrílico com canais abertos e acrílico selado.

A perda de massa média após 12 dias de armazenamento à temperatura de 10 °C das amostras acondicionadas em PEBD foi de 0,90 %, das amostras acondicionadas em PP foi de 0,92 %, para as amostras acondicionadas em acrílico com canais abertos 0,55 % e para as amostras acondicionadas em acrílico selado foi de 0,26 % ao final do experimento. Através da análise de variância, foi verificada diferença significativa para o fator embalagem em relação às médias de perda de massa do final do experimento (12º dia de armazenamento). O fator período de armazenamento não foi analisado na perda de massa por se tratar de uma análise acumulativa. Os resultados obtidos para a perda de massa fresca (< 1 %) das amostras acondicionadas nas diferentes embalagens estudadas foram inferiores aos valores encontrados por Carvalho e Clemente (2004), que encontraram resultados inferiores a 3 % para amostras de brócolis da variedade *Itálica* com massas variadas, acondicionadas em embalagens de polipropileno bi-orientado por 15 dias à temperatura de 1 °C.

Tabela 2: Médias dos valores da perda de massa¹ com o tempo de armazenamento e firmeza do produto² de brócolis orgânicos minimamente processados acondicionados em diferentes embalagens armazenadas à 10 °C

Embalagem	Período de armazenamento (dias)					Média geral
	1	3	6	9	12	
	<i>Perda de Massa (%)</i>					
PEBD	0	0,17	0,52	0,67	0,90	0,90 a
Polipropileno	0	0,26	0,61	0,75	0,92	0,92 a
Acrílico aberto	0	0,08	0,21	0,42	0,55	0,55 a b
Acrílico selado	0	0,02	0,11	0,19	0,26	0,26 b
	<i>Força Máxima de Perfuração (N)</i>					
PEBD ^S	12,63	13,35	12,78	11,15	9,68	11,92 a
Polipropileno ^{NS}	14,02	14,41	14,94	14,29	14,48	14,43 b c
Acrílico aberto ^{NS}	13,04	13,76	13,16	13,43	13,76	13,43 b
Acrílico selado ^{NS}	15,11	15,13	15,36	15,10	15,37	15,21 c
	<i>Força Máxima de Relaxação (N)</i>					
PEBD ^S	5,35	5,37	5,41	4,47	3,76	4,87 a
Polipropileno ^{NS}	5,74	5,82	6,27	6,49	6,23	6,11 b
Acrílico aberto ^{NS}	5,98	6,53	6,26	6,64	6,41	6,36 b
Acrílico selado ^{NS}	5,99	6,33	6,52	6,36	6,23	6,29 b

¹O fator período de armazenamento não foi analisado em relação à perda de massa com o tempo de armazenamento por se tratar de uma análise acumulativa

²A firmeza do produto foi expressa pela Força Máxima de Perfuração e Força Máxima de Relaxação

^SEfeito significativo ao nível de 5 % de probabilidade para o fator período de armazenamento

^{NS}Efeito não significativo ao nível de 5 % de probabilidade para o fator período de armazenamento

*Médias gerais seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si estatisticamente ao nível de significância de 5 % pelo Teste de Tukey para o fator embalagem

A perda de massa em brócolis é devida principalmente à sua transpiração, o que se reflete diretamente na perda de firmeza, de turgescência e do valor comercial (FINGER *et al.*, 1999). O murchamento provocado pela desidratação é normalmente a principal causa da perda de qualidade em brócolis e se manifesta quando o produto perde aproximadamente 5 % da sua

massa inicial. Portanto, todas as embalagens estudadas se mostraram eficientes em relação à perda de massa do produto contido em seu interior, apresentando perda inferior a 1 % da sua massa inicial ao longo do período de armazenamento.

A Figura 4 mostra o comportamento da perda de massa das amostras acondicionadas nas quatro embalagens estudadas em relação ao período de armazenamento. Nota-se que para um período de armazenamento de 12 dias, os valores de perda de massa dos brócolis acondicionados nas embalagens de PP e de PEBD são muito próximos, porém ocorre uma distinção nos fenômenos que levam a este resultado: a baixa permeabilidade da embalagem de PEBD frente ao vapor de água, devido às suas propriedades hidrofóbicas, permitiu que grande parte desta água permanecesse contida no interior da embalagem, mascarando o resultado de perda de massa destas amostras, fato que não ocorreu nos brócolis acondicionados em PP.

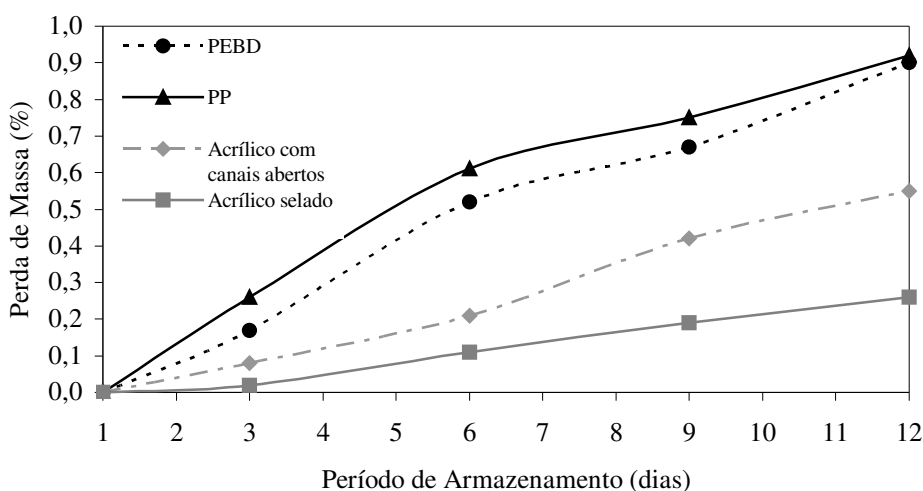


Figura 4: Relação entre o período de armazenamento e a perda de massa em brócolis orgânicos minimamente processados acondicionados em diferentes embalagens armazenadas à 10 °C

Além da perda de massa fresca, a textura é um parâmetro importante para expressar a qualidade de vegetais através da firmeza dos tecidos. Nesse sentido, a força máxima de perfuração e a força máxima de relaxação dos vegetais acondicionados nas diferentes

embalagens foram investigadas. A força máxima de perfuração representa a resistência da camada externa dos brócolis à aplicação de uma força e permite uma avaliação do comportamento da textura dos mesmos. A força máxima de relaxação pode ser considerada como a força aplicada pela região interna da amostra de brócolis sob a *probe*, depois que esta se estabilizou a 6,3 mm da superfície da amostra. Assim, como a força máxima de perfuração, a força máxima de relaxação também permite uma avaliação do comportamento da textura dos brócolis.

Nas amostras embaladas em PEBD, a força máxima de perfuração, variou de 12,63 N no 1º dia para 9,68 N no último dia. Nas amostras embaladas em PP, essa variação foi de 14,02 N a 14,48 N. A variação foi de 13,04 N a 13,76 N nas amostras acondicionadas em acrílico com canais abertos. E nas amostras acondicionadas em acrílico selado, a força máxima de perfuração variou de 15,11 N a 15,37 N ao longo do período de armazenamento.

Na Figura 5, observa-se que as amostras acondicionadas nas embalagens seladas de acrílico apresentaram força máxima de perfuração praticamente estável ao longo do armazenamento. Já nas amostras acondicionadas em acrílico com canais abertos e PP, a força máxima de perfuração apresentou um comportamento menos estável. A força máxima de perfuração das amostras acondicionadas em acrílico com canais abertos apresentou aumento até o sexto dia, seguindo uma diminuição e novamente aumento, porém manteve a firmeza do produto até o final do experimento. As amostras acondicionadas em PP apresentaram um aumento na força máxima de perfuração até o sexto dia, seguindo uma diminuição no nono dia, mantendo-se praticamente constante até o final do armazenamento. As pequenas variações sofridas pela força máxima de perfuração das amostras acondicionadas em acrílico com canais abertos e PP durante o armazenamento, podem ser resultantes das diferenças na matéria-prima. Nas amostras embaladas em PEBD, a força máxima de perfuração decresceu

ao longo do período estudado, possivelmente devido à degradação da camada externa do vegetal.

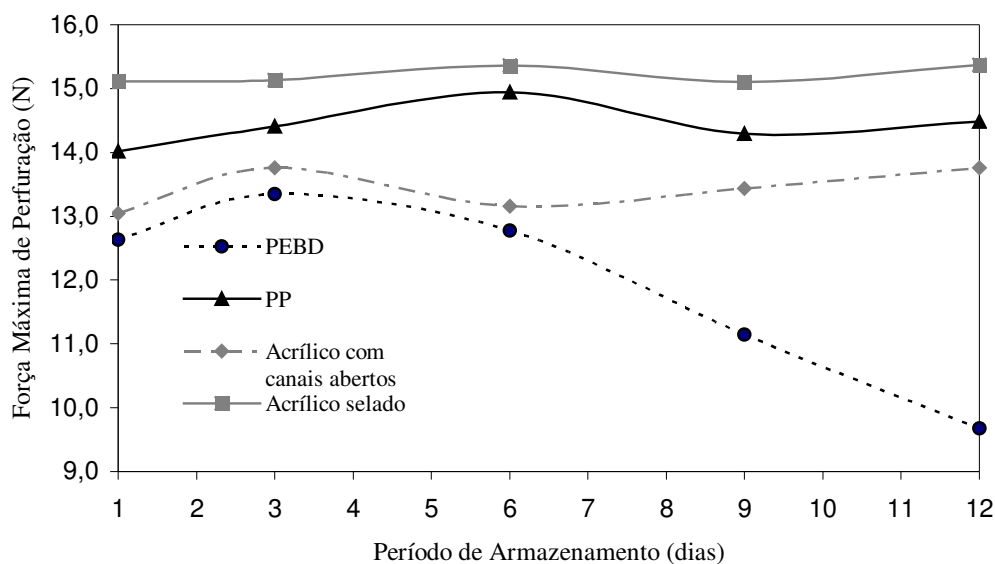


Figura 5: Relação entre o período de armazenamento e a força máxima de perfuração em brócolis orgânicos minimamente processados acondicionados em diferentes embalagens armazenadas à 10 °C

A força máxima de relaxação variou de 5,35 N no 1º dia a 3,76 N no último dia de armazenamento nas amostras embaladas em PEBD. A variação foi de 5,74 N a 6,23 N nas amostras embaladas em PP para o mesmo período. Nas amostras acondicionadas em acrílico com canais abertos a força variou de 5,98 N a 6,41 N. E nas amostras acondicionadas em acrílico selado, a variação foi de 5,99 N no 1º dia e 6,23 N no 12º dia.

O valor médio da força máxima de relaxação (5,91 N) encontrado para as amostras de brócolis orgânicos minimamente processados é 2,33 vezes menor que o valor médio da força máxima de perfuração (13,75 N), indicando que a camada externa é mais resistente à perfuração do que a camada interna.

A Figura 6 apresenta o comportamento das amostras acondicionadas nas diferentes embalagens em relação à força máxima de relaxação. Verifica-se que o comportamento das

amostras acondicionadas nas embalagens de PP, acrílica com canais abertos e acrílica selada não sofre grandes variações ao longo do armazenamento. Enquanto que nas amostras embaladas em PEBD, a força máxima de relaxação diminui gradativamente a partir do 6º dia de armazenamento.

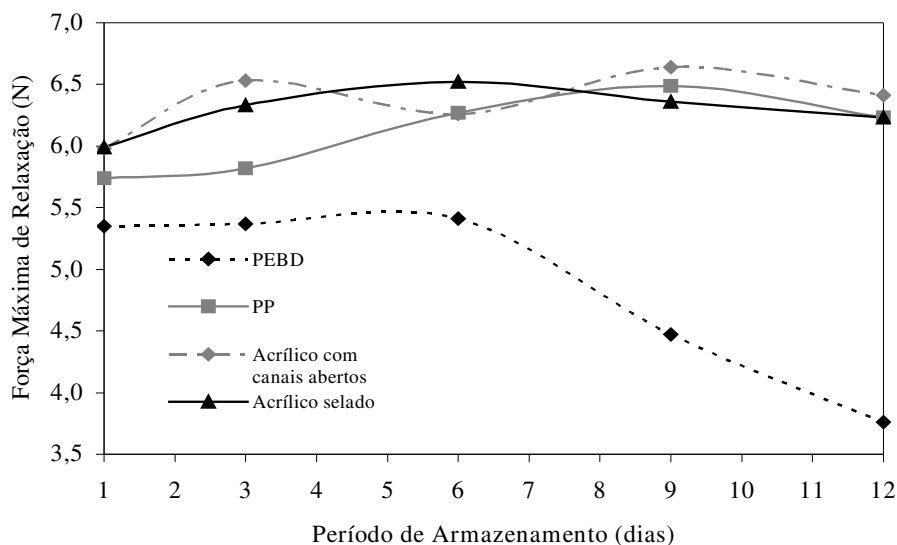


Figura 6: Relação entre o período de armazenamento e a força máxima de relaxação em brócolis orgânicos minimamente processados acondicionados em diferentes embalagens armazenadas à 10 °C

O fator período de armazenamento afetou significativamente a força máxima de perfuração e a força máxima de relaxação apenas das amostras acondicionadas nas embalagens de PEBD. A análise de variância tanto para a força máxima de perfuração, como para a força máxima de relaxação em relação ao fator embalagem foi significativa, indicando que pelos menos duas médias de tratamento diferem entre si ao nível de 5%. Através do teste de Tukey, verificou-se que a força máxima de perfuração e a força máxima de relaxação das amostras acondicionadas em PEBD diferiram estatisticamente de todas as amostras analisadas. A partir destes resultados, as alterações da força máxima de perfuração e de

relaxação sofridas durante o armazenamento das amostras acondicionadas em PEBD foram estudadas.

A Figura 7 apresenta a relação entre a força máxima de perfuração e a força máxima de relaxação para as amostras de brócolis embaladas em PEBD. Observa-se que enquanto a força máxima de perfuração começa a diminuir a partir do 3º dia, a força máxima de relaxação só começa a decrescer a partir do 6º dia. Isto indica que a degradação das amostras de brócolis iniciou-se na camada externa, devido ao contato com a água condensada no interior da embalagem, proveniente da transpiração do vegetal, e só a partir do 6º dia a degradação atingiu as camadas internas dos brócolis.

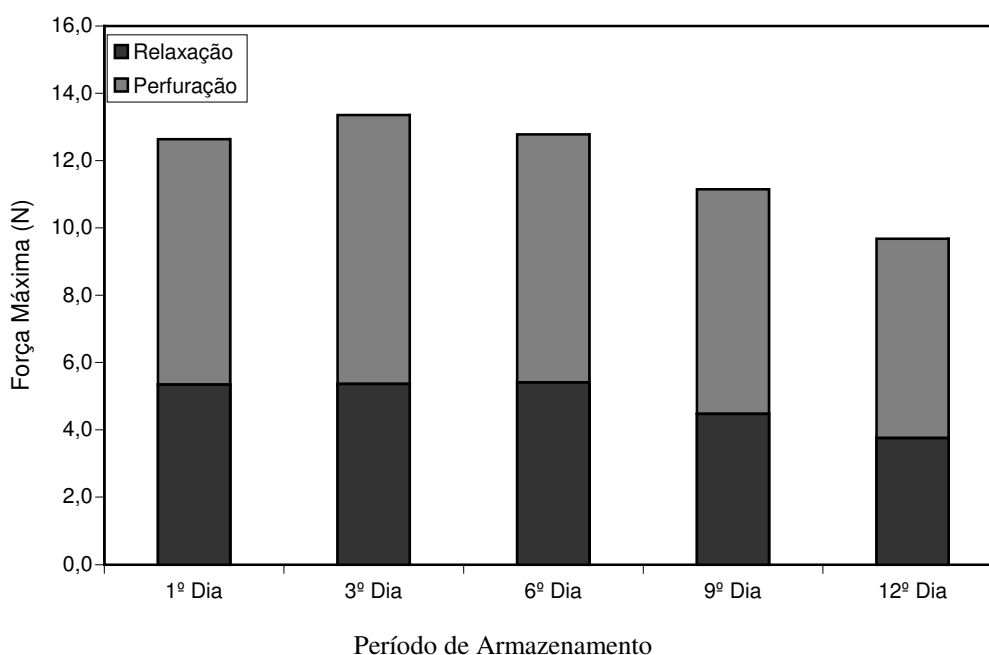


Figura 7: Comparação entre a força máxima média de relaxação e a força máxima média de perfuração em brócolis orgânicos minimamente processados acondicionados em embalagens de PEBD armazenadas à 10 °C

De acordo com os resultados apresentados observa-se que as embalagens de PP, acrílica com canais abertos e acrílica selada mantiveram a firmeza do produto durante o armazenamento à 10 °C. Por outro lado, a embalagem de PEBD não manteve a firmeza do

produto ao longo do armazenamento, e conseqüentemente comprometeu a sua qualidade, por isso os experimentos utilizando esta embalagem foram encerrados.

4.2.3. Conteúdo de pigmentos

O conteúdo de pigmentos (clorofila *a*, clorofila *b* e carotenóides) das amostras acondicionadas nas embalagens de polipropileno, acrílica com canais abertos e acrílica selada foi quantificado ao longo do armazenamento em relação às diferentes partes que compõem o vegetal, dividindo-o em folhas, flores e talos, e estão apresentados na Tabela 3.

Os teores de clorofila *a* das folhas foram decrescentes para os diferentes tipos de acondicionamentos. Para as embalagens acrílicas com canais abertos e acrílicas seladas houve um aumento no sexto e no nono dia, respectivamente. Para a embalagem de PP um aumento acentuado foi observado no terceiro dia de armazenamento. Isto ocorreu provavelmente em função de diferenças apresentadas pela matéria-prima. O mesmo comportamento foi observado para o conteúdo de clorofila *b*. Conforme esperado, ocorreu um aumento no conteúdo de carotenóides para todas as amostras nas diferentes embalagens estudadas, mesmo apresentando oscilações de aumento seguido de declínio nas amostras de PP e acrílico selado. Foi observado que possivelmente houve síntese de carotenóides nas folhas das amostras com a degradação das clorofilas durante o período de armazenamento, descartando a hipótese de que os carotenóides já estavam presentes nas folhas e só se tornaram visíveis com a degradação das clorofilas. Também foi observado que a maior concentração de pigmentos por grama de amostra, encontra-se nas folhas dos brócolis.

Tabela 3: Médias dos conteúdos de clorofila *a*, clorofila *b* e carotenóides das folhas, flores e talos de brócolis orgânicos minimamente processados acondicionados em diferentes embalagens armazenadas à 10 °C

Embalagem	Período de armazenamento (dias)					Média geral
	1	3	6	9	12	
Folhas						
Clorofila <i>a</i> (µg/g de amostra)						
Polipropileno ^S	1378,96	1522,87	1318,94	1219,12	1177,46	1323,47 a
Acrílico aberto ^S	1671,32	1625,70	1650,42	1314,35	1315,52	1515,46 a b
Acrílico selado ^{NS}	1629,00	1619,50	1557,34	1685,98	1532,90	1604,95 b
Clorofila <i>b</i> (µg/g de amostra)						
Polipropileno ^S	750,52	886,54	714,05	656,10	646,28	730,70 a
Acrílico aberto ^S	971,40	986,19	1024,67	732,13	643,27	871,53 a
Acrílico selado ^S	1025,84	879,81	797,82	985,18	789,95	895,72 a
Carotenóides (µg/g de amostra)						
Polipropileno ^S	194,47	225,32	239,15	223,25	245,54	225,35 a
Acrílico aberto ^S	243,77	241,64	304,64	306,10	359,87	291,20 b
Acrílico selado ^{NS}	237,95	231,66	224,45	237,51	241,55	234,62 a
Flores						
Clorofila <i>a</i> (µg/g de amostra)						
Polipropileno ^S	432,84	408,05	428,02	350,11	283,34	380,47 a
Acrílico aberto ^S	359,10	620,86	428,05	124,58	224,33	351,39 a
Acrílico selado ^{NS}	557,41	601,98	603,32	527,43	663,48	590,72 b
Clorofila <i>b</i> (µg/g de amostra)						
Polipropileno ^{NS}	208,17	181,70	203,21	181,15	176,29	190,10 a b
Acrílico aberto ^S	169,92	309,10	192,34	56,77	99,57	165,54 a
Acrílico selado ^S	306,03	342,09	241,84	237,11	285,00	282,41 b
Carotenóides (µg/g de amostra)						
Polipropileno ^S	70,79	86,00	97,06	78,97	78,63	82,29 a
Acrílico aberto ^S	82,58	98,73	138,82	159,46	227,79	141,48 a
Acrílico selado ^S	97,08	89,89	81,25	88,31	136,21	98,55 a
Talos						
Clorofila <i>a</i> (µg/g de amostra)						
Polipropileno ^{NS}	153,19	147,57	159,76	121,06	145,37	145,39 a
Acrílico aberto ^{NS}	147,96	202,35	184,92	219,92	218,55	194,74 b
Acrílico selado ^{NS}	156,45	213,55	236,42	166,29	199,15	194,37 b
Clorofila <i>b</i> (µg/g de amostra)						
Polipropileno ^S	75,90	47,85	78,41	60,86	107,40	74,08 a
Acrílico aberto ^{NS}	84,09	89,06	77,46	110,57	81,68	88,57 a
Acrílico selado ^{NS}	87,08	86,53	97,53	55,39	81,46	81,60 a
Carotenóides (µg/g de amostra)						
Polipropileno ^S	32,20	42,14	31,29	26,18	18,28	30,02 a
Acrílico aberto ^S	26,09	39,58	36,23	49,62	44,07	39,12 a
Acrílico selado ^{NS}	27,24	35,72	31,08	37,33	43,69	35,01 a

^SEfeito significativo ao nível de 5 % de probabilidade para o fator período de armazenamento

^{NS}Efeito não significativo ao nível de 5 % de probabilidade para o fator período de armazenamento

*Médias gerais seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si estatisticamente ao nível de significância de 5 % pelo Teste de Tukey para o fator embalagem

Nas flores, o conteúdo de pigmentos cloroplastídios apresentou o seguinte comportamento: os conteúdos de clorofila *a* das amostras acondicionadas nas embalagens de PP e acrílico com canais abertos sofreram oscilações durante o armazenamento, resultando na degradação do pigmento ao final do experimento. Já as amostras acondicionadas nas embalagens acrílicas seladas, mesmo apresentando oscilações no conteúdo de clorofila *a*,

apresentaram aumento ao final do armazenamento. O conteúdo de clorofila *b* das amostras acondicionadas em embalagens de PP apresentou uma diminuição e um aumento no terceiro e no sexto dia de armazenamento, respectivamente, voltando a diminuir nos dias posteriores. Nas amostras acondicionadas nas embalagens de acrílico com canais abertos, o conteúdo de clorofila *b* sofreu várias oscilações do primeiro ao último dia de armazenamento, resultando numa diminuição no conteúdo desse pigmento ao final do experimento. O conteúdo de clorofila *b* das amostras acondicionadas nas embalagens seladas de acrílico apresentou a menor degradação, porém, também apresentou oscilações no seu conteúdo durante o armazenamento. O conteúdo de carotenóides das amostras embaladas em PP apresentou pequenas oscilações de aumento e diminuição ao longo do período de armazenamento, resultando num pequeno aumento ao final do experimento. Já as amostras acondicionadas nas câmaras acrílicas com canais abertos apresentaram aumento gradual no conteúdo de carotenóides. E, as amostras acondicionadas nas câmaras acrílicas seladas apresentaram diminuição até o sexto dia, seguido de aumento de carotenóides até o décimo segundo dia de armazenamento. As oscilações no conteúdo dos pigmentos podem ser explicadas pela variabilidade das amostras. A degradação das clorofilas *a* e *b*, e a síntese de carotenóides das flores foram mais acentuadas e visivelmente perceptíveis nas amostras acondicionadas nas câmaras de acrílico com canais abertos. Isto se deve ao fato de que, a embalagem com canais abertos possivelmente favorece a respiração do vegetal, ou seja, não foi possível reduzir satisfatoriamente a taxa respiratória a ponto de garantir a manutenção dos pigmentos ao longo do armazenamento. Portanto, a embalagem de acrílico com canais abertos não se mostra uma embalagem adequada para o acondicionamento de brócolis orgânicos minimamente processados, por não garantir a manutenção da cor das flores durante o período estudado.

A parte dos brócolis que apresentou a menor concentração de pigmentos foi o talo. O conteúdo de clorofila *a* dos talos das amostras acondicionadas nas embalagens de PP sofreu

uma diminuição no terceiro dia, seguida de aumento no sexto dia, novamente diminuição no nono dia, e aumento no décimo segundo dia, apresentando ao final do período de armazenamento um conteúdo inferior ao conteúdo inicial. O conteúdo de clorofila *a* dos talos das amostras acondicionadas nas câmaras de acrílico com canais abertos obteve o seguinte comportamento: aumento no terceiro dia, seguido de diminuição no sexto dia, novamente aumento no nono dia e diminuição no décimo segundo dia de armazenamento. Nas amostras acondicionadas nas câmaras seladas de acrílico, o conteúdo de clorofila *a* dos talos aumentou até o sexto dia, diminuiu no nono dia e voltou a aumentar no décimo segundo dia. O conteúdo de clorofila *b* dos talos das amostras acondicionadas em PP apresentou diminuição no terceiro e nono dia de armazenamento, aumentando ao final do período de armazenamento. O conteúdo de clorofila *b* dos talos das amostras acondicionadas nas câmaras acrílicas com canais abertos apresentou diminuição no sexto e décimo segundo dias de armazenamento. O conteúdo de clorofila *b* dos talos das amostras acondicionadas nas câmaras seladas de acrílico apresentou diminuição no terceiro e nono dias de armazenamento. Ao final do experimento a concentração obtida (81,46 µg/g de amostra) estava próxima da concentração de clorofila *b* dos talos das amostras acondicionadas em acrílico com canais abertos (81,68 µg/g de amostra). O conteúdo de carotenóides dos talos das amostras acondicionadas nas embalagens de PP apresentou aumento no terceiro dia (42,14 µg/g de amostra), seguido de uma diminuição gradual até o último dia de armazenamento. Já os conteúdos de carotenóides dos talos das amostras acondicionadas nas câmaras de acrílico com canais abertos e nas câmaras seladas de acrílico tiveram comportamentos semelhantes, com aumento no terceiro dia, diminuição no sexto dia, novamente aumento no nono dia, seguido de diminuição no décimo segundo dia de armazenamento, apresentando concentrações finais de carotenóides muito próximas, 44,07 e 43,69 µg/g de amostra, respectivamente.

Os trabalhos encontrados para comparação, se referem ao conteúdo de clorofila total de brotos e de tecidos de brócolis. Zhuang e colaboradores (1997) determinaram clorofila total em brotos de brócolis da cultivar *Iron Duke* embalados em filmes poliméricos comerciais por um período de estocagem de 144 horas às temperaturas de 2, 13 e 23 °C, usando o solvente *N,N*-dimetilformamida e os comprimentos de onda de 700, 664, 647, 625 e 603 nm. Os autores observaram que: não foi verificada diferença significativa no conteúdo de clorofila total nas amostras armazenadas à 2 °C, para as amostras armazenadas à 13 °C, o conteúdo de clorofila total passou de 4,2 para 2,44 mg/g peso seco, e para as amostras armazenadas à 23 °C, o conteúdo de clorofila apresentou níveis significativamente mais baixos quando comparado com os tratamentos à 13 e 2 °C. E no final do armazenamento, as amostras armazenadas à 13 °C continham níveis significativamente mais baixos de clorofila total do que as amostras armazenadas à 2 °C.

Barth *et al.* (1993) determinaram o conteúdo de clorofila total de tecidos de brócolis da cultivar *Green Belt* armazenados por 96 horas à temperatura de 10 °C, utilizando acetona como solvente e os comprimentos de onda de 700, 663, 645 e 626 nm, e encontraram resultados decrescentes para as amostras não embaladas e resultados crescentes para as amostras acondicionadas em *containers* cobertos com filme plástico de dupla camada, ambos resultados expressos em porcentagem de clorofila total, partindo de uma média de conteúdo de clorofila (base seca) igual a 12,7 µg/g.

4.3. Determinação da composição gasosa e taxa de respiração

O perfil da composição de gases em termos de concentrações de O_2 e CO_2 no interior das embalagens de polipropileno e câmaras de acrílico com canais abertos contendo brócolis orgânicos minimamente processados, está representado nas Figuras 8 e 9. Para avaliar os dados experimentais da concentração de O_2 e CO_2 , os mesmos foram ajustados aos dados calculados pelo modelo. O modelo gerou bom ajuste ($R=0,91$) aos dados experimentais das concentrações de O_2 e CO_2 das amostras acondicionadas nas embalagens de polipropileno e na câmara de acrílico com canais aberto.

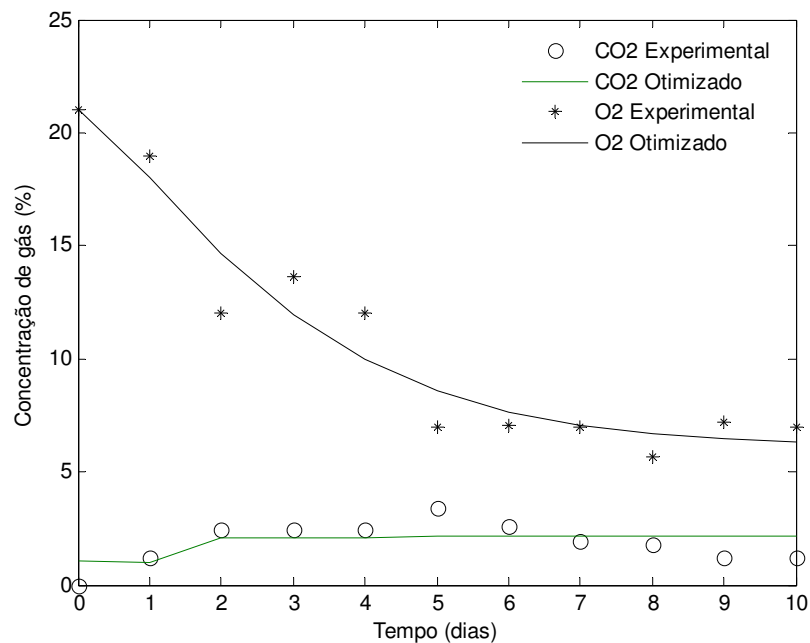


Figura 8: Progressões das concentrações de O_2 e CO_2 em função do tempo para brócolis orgânicos minimamente processados acondicionados em embalagens de polipropileno armazenadas à $10\text{ }^\circ\text{C}$

As concentrações de gases obtidas das embalagens de PP (Figura 8) apresentaram o seguinte comportamento: a concentração de O_2 diminuiu (21 % para 7 %) ao longo do período de armazenamento e a concentração de CO_2 aumentou discretamente (0 a 3,40 %) até o

sétimo dia de armazenamento, seguido de decréscimo até o final do período de armazenamento (3,40 a 1,23 %). Dados da literatura (ARTÉS *et al*, 2001) mostram comportamentos semelhantes: as concentrações de CO₂ à temperatura de 1,5 °C em torno de 0,6 % e de 19 % para O₂ à mesma temperatura, usando filmes flexíveis de polietileno de baixa densidade e embalagem rígida de PVC durante sete dias de armazenamento e, à temperatura de 15 °C, as concentrações foram em torno de 15 % para O₂ e de 1,9 a 3 % para CO₂ por 9 dias.

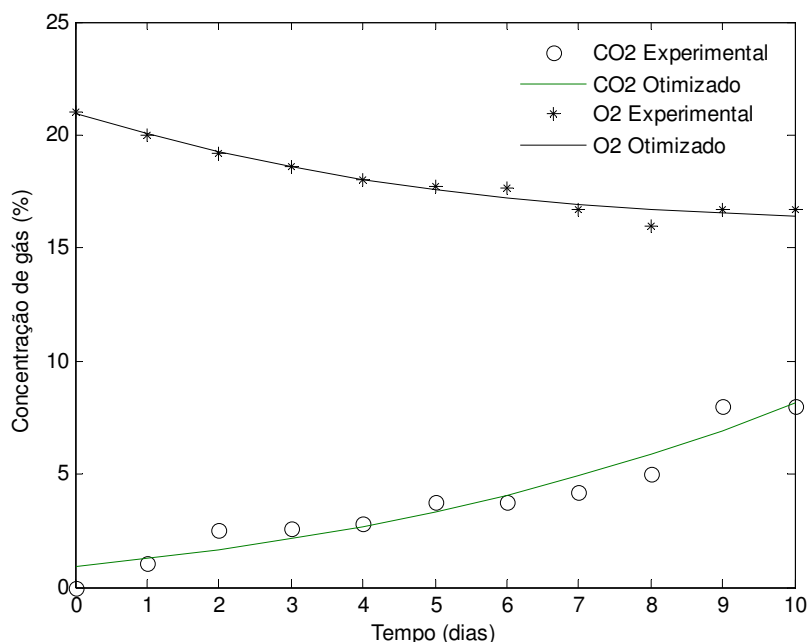


Figura 9: Progressões das concentrações de O₂ e CO₂ em função do tempo para brócolis orgânicos minimamente processados acondicionados em câmaras de acrílico com canais abertos armazenadas à 10 °C

Os brócolis acondicionados nas câmaras de acrílico com canais abertos (Figura 9) apresentaram altas concentrações de O₂ (21 a 16 %) durante todo período de armazenamento, o que já era esperado em função da troca gasosa entre o interior da embalagem e o meio externo através dos canais abertos. Em contrapartida, a concentração de CO₂ aumentou até 8 % no nono dia de armazenamento. Raghavan *et al* (1999), construíram um sistema em PVC

com canais abertos contendo flores de brócolis semelhantes e mostram comportamentos de acordo com os obtidos neste trabalho.

Para os dados experimentais das amostras acondicionadas nas câmaras seladas de acrílico, o modelo não se ajustou. Isto ocorreu, muito provavelmente devido às baixas concentrações de O₂ obtidas (Tabela 4), provocando processo de anaerobiose. Entretanto, essa é apenas uma hipótese para o não ajuste do modelo.

Tabela 4: Progressões das concentrações de O₂ e CO₂ em função do tempo para brócolis orgânicos minimamente processados acondicionados em câmaras seladas de acrílico armazenadas à 10 °C

<i>Dias</i>	<i>Concentração de O₂ (%)</i>	<i>Concentração de CO₂ (%)</i>
0	21,00	0,00
1	1,80	16,78
2	1,62	20,18
3	1,52	23,84
4	1,62	22,08
5	4,37	17,49
6	4,50	18,85
7	5,39	10,46
8	6,24	10,04
9	6,68	14,65
10	4,29	16,29

A partir dos dados de concentração foram determinadas as taxas de respiração das amostras usando o modelo da cinética enzimática proposto por Lee *et al.* (1991).

A taxa de respiração em função da concentração CO₂ dos brócolis acondicionados nas embalagens de polipropileno (Figura 10) variou de 39,64 mL/kg.dia no primeiro dia até 108 mL/kg.dia o quinto dia, diminuindo até o final o período de armazenamento para 39,07 mL/kg.dia, alcançando provavelmente o equilíbrio nos dois últimos dias (39,06 mL/kg.dia).

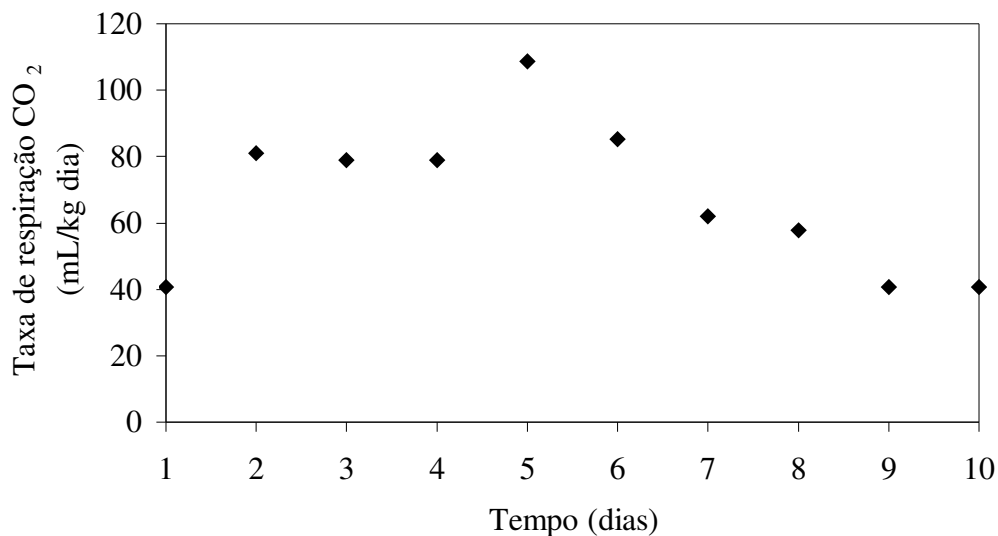


Figura 10: Progressão da taxa de respiração em função do CO₂ *versus* Tempo, para brócolis orgânicos minimamente processados acondicionados em embalagens de polipropileno armazenados à 10 °C

Para as amostras acondicionadas nas câmaras de acrílico com canais abertos, a taxa de respiração em função da concentração de CO₂ (Figura 11) variou de 3,79 mL/kg.dia no primeiro dia até 94,53 mL/kg.dia no décimo dia de armazenamento, comprovando o fato de que esta embalagem não foi capaz de reduzir a taxa respiratória do produto a ponto de retardar a degradação de clorofila e a síntese de carotenóides durante a estocagem.

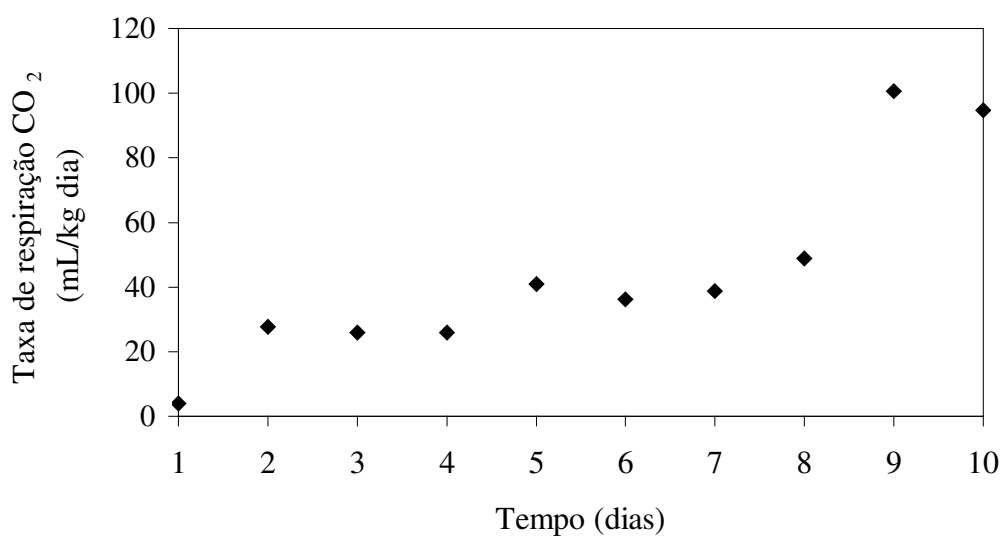


Figura 11: Progressão da taxa de respiração em função do CO₂ *versus* Tempo, para brócolis orgânicos minimamente processados acondicionados em câmaras de acrílico com canais abertos armazenadas à 10 °C

Comparando os resultados deste trabalho com os apresentados na literatura (RAGHAVAN *et al.*, 1999; LEE *et al.* 1991) o comportamento é semelhante.

Os dados obtidos, apresentados nas Figuras 10 e 11, mostram que as taxas de respiração oscilaram aumentando e diminuindo durante todo o período de armazenamento. Esse comportamento provavelmente é devido às variações na respiração do vegetal, o que provoca variações nas concentrações de O₂ e CO₂, e conseqüentemente nos dados obtidos para as taxas de respiração.

Quociente Respiratório (QR)

O quociente respiratório dos brócolis acondicionados em polipropileno à temperatura de 10 °C foi de 0,13 quando a concentração de O₂ era de 21 % (tempo zero), passando para 0,06 ao final do período de armazenamento para concentração de 7 % de O₂.

Para as amostras acondicionadas na câmara de acrílico com canais abertos à mesma temperatura, o QR aumentou de 0,05 para 0,78 com a diminuição da concentração de O₂ (de 21 para 16,7 %).

Segundo Fonseca *et al.* (2002), o quociente respiratório é em geral equivalente a 1 se o substrato metabólico for carboidrato. Se o substrato for lipídico, o QR é sempre menor que 1. Os valores obtidos neste trabalho sugerem, apenas pelo QR, que o substrato utilizado na respiração das amostras de brócolis seja formado por lipídios. Zhuang *et al.* (1995; 1997), encontram através de estudos uma correlação entre a deterioração de brócolis e o metabolismo lipídico, devido à peroxidação de lipídios durante a estocagem pós-colheita, mesmo quando estocados à baixa temperatura.

5. Conclusões

O perfil físico-químico das amostras acondicionadas nas diferentes embalagens mostrou que a vida útil do produto é de 12 dias à temperatura de 10 °C, exceto para as amostras acondicionadas nas embalagens de PEBD e acrílico com canais abertos:

- As amostras embaladas em PEBD apresentaram ao final do período de armazenamento um produto com características indesejáveis e perda de firmeza. Este comportamento foi resultante da baixa permeabilidade do polímero aos vapores de água condensada no interior da embalagem;
- As amostras acondicionadas nas embalagens de acrílico com canais abertos não garantiram a qualidade visual das amostras até o final do período de armazenamento devido à degradação das clorofilas *a* e *b* e síntese de carotenóides das flores (mesmo não apresentando diferença significativa ao nível de 5 % para o fator embalagem).

O modelo baseado na cinética enzimática apresentou bom ajuste aos dados experimentais obtidos ($R=0,91$) para as amostras acondicionadas nas embalagens de polipropileno e acrílico com canais abertos e não se ajustou para os dados experimentais obtidos na câmara selada de acrílico. Além disso, os resultados mostraram que o emprego da embalagem de polipropileno no armazenamento de brócolis orgânicos minimamente processados foi capaz de reduzir a taxa respiratória do produto, ao contrário da embalagem de acrílico com canais abertos.

Os valores encontrados para o quociente respiratório (QR) das amostras sugerem a utilização de lipídios como substrato metabólico da respiração do vegetal.

Considerando os parâmetros estudados e os resultados apresentados, sugere-se o uso da embalagem de polipropileno como o tipo de embalagem que melhor preserva a qualidade de brócolis orgânicos minimamente processados armazenados à temperatura de 10°C.

6. Referências Bibliográficas

- ALVES, R. E., SOUZA F.; BASTOS. M. S. R.; FIGUEIRAS, H. A. C. & BORGES, M. F. Pesquisa em processamento mínimo de frutas no Brasil. **Anais do II Encontro Nacional Sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças**. Universidade Federal de Viçosa (UFV), p. 75-85, 2000.
- ANZUETO, C. R.; & RIZVI, S. S. H. Individual packaging of apples for shelf extension. **Journal of Food Science**, 50, p. 897-900, 904, 1985.
- ARNOLD, B. H.; STEEL, R. Oxygen supply and demand in aerobic fermentations. **Biochemical Engineering**, Ed. R. Steel, p. 151. Heywood & Company Ltd., London. 1958.
- ARTÉS, F.; VALLEJO, F.; MARTÍNEZ, J. A. Quality of broccoli as influenced by film wrapping during shipment. **European Food Research Technology**, 213, p. 480-483, 2001.
- BAILEY, J. E.; OLLIS, D. F. **Biochemical Engineering Fundamentals**, McGraw-Hill Inc., New York. 1977.
- BARTH, M. M.; KERBEL, E. L.; PERRY, A. K.; SCHMIDT, S. J. Modified atmosphere packaging affects ascorbic acid, enzyme activity and market quality of broccoli. **Journal of Food Science**, 58 (1), p. 140-143, 1993.
- BROCCOLI TOWN. **Broccoli and your health**. Disponível na internet: <<http://www.broccoli.com>>, consulta em: 25/janeiro/2006.
- BURZO, I. Influence of temperature level on respiratory intensity in the main vegetables varieties. **Acta Horticulturae**, 116, p. 61-64, 1980.
- CAMERON, A. C.; TALASILA, P. C.; JOLLES, D. W. Predicting film permeability needs for modified atmosphere packaging of lightly processed fruits and vegetables. **Horticultural Science**, 30 (1), p. 25-34, 1995.
- CARVALHO, P. T., CLEMENTE, E. The influence of the broccoli (*Brassica oleracea* var. Itálica) fill weight on postharvest quality. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 24 (4), p. 646-651, out.-dez., 2004.
- CARVALHO, A. V. **Avaliação de qualidade de kiwis cv. "Hayward" minimamente processados**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Lavras (UFLA), Minas Gerais, 85p. 2000.
- CHIRALT, A. et al. Changes in mechanical properties throughout osmotic processes. Cryoprotectant effect. **Journal of Food Engineering**, v. 49, p. 129-135, 2001a.
- CHITARRA, M. I. F. & CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. ESAL/FAEPE. Lavras. 320p. 1990.
- CLARKE, S. F.; JAMESON, P. E.; DOWNS, C. G. The influence of 6-benzylaminopurine on postharvest senescence of floral tissues of broccoli (*Brassica oleracea* var *Italica*). **Plant Growth Regulator**, 14, p. 21-27, 1994.

CORNISH-BOWDEN, A. **Fundamentals of Enzyme Kinetics**, Butterworth & Co. Ltd., London, 1979.

CRUZ, A. G., CENCI, S. A., MAIA, M. C. A. Pré-requisitos para implementação do sistema APPCC em uma linha de alface minimamente processada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 26 (1), p. 104-109, jan.-mar., 2006.

FINGER, F. L.; ENDRES, L.; MOSQUIM, P. R.; PUIATTI, M. Physiological changes during postharvest senescence of broccoli. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 9, p. 1565-1569, 1999.

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**, 52, p. 99-119, 2002.

FONSECA, S. C., OLIVEIRA, F. A. R., LINO, I. B. M., BRECHT, J. K., CHAU, K. V. Modelling O₂ e CO₂ exchange for development of perforation-mediated modified atmosphere packaging. **Journal of Food Engineering**, 43, p. 9-15, 2000.

FONSECA, S. C., OLIVEIRA, F. A. R., BRECHT, J. K. & CHAU, K.V. Development of perforation-mediated modified atmosphere packaging for fresh cut vegetables. In: F. A. R. Oliveira, J. C. Oliveira (Eds). **Processing of foods: Quality optimisation and process assessment** (p. 389-404). Boca Raton, USA: CRC Press, 1999.

FORCIER, F.; RAGHAVAN, G. S. V.; GARIÉPY, Y. Electronic sensor for the determination of fruit and vegetable respiration. **International Journal of Refrigeration**, 10 (11):353-356, 1987.

FORNEY, C. F.; RIJ, R. E. Measurement of broccoli respiration rate in film-wrapped packages. **HortScience**, v. 24, n. 1, p. 111-113, 1989.

GEESON, J. D. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. **Acta Horticulturae**, 258, p. 143-150, 1989.

HANDERBURG, R. E.; WATADA, A. E.; WANG, C. Y. The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks. United States Dept of Agriculture, Agricultural Research Service, **Agricultural Handbook**. N° 66, USDA, 1990.

HANSEN, M. E.; SORENSEN, H. E.; CANTWELL, M. Changes in acetaldehyde, ethanol and amino acid concentrations in broccoli florets during air controlled atmosphere storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 22, p. 227-237, 2001.

HUBER, D. J. Postharvest senescence: An introduction to the symposium. **HortScience**, 22, p. 853-854, 1987.

JACKMAN, L.; STANLEY, D. W. Perspectives in the textural evaluation of plant foods. **Trends in Food Science & Technology**, v. 6, n. 6, p. 187-194, 1995.

KADER, A. A.; ZAGORY, D.; KARBEL, E. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. **Food Technology**, 40 (5), p. 99-107, 1989.

KADER, A. A.; ZAGORY, D.; KARBEL, E. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 28(1), p. 1-30, 1989.

KADER, A. A. Respiration and gas exchange of vegetables. Ch3. **In Post Harvest Physiology of Vegetables**. (Ed.) J. Weichmann, p. 25. Marcel Dekker Ins.; New York, 1987.

KADER, A. A. Biochemical and physiological basics for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetable. **Food Technology**, v. 40, n. 5, p. 99-104, 1986.

KHAN, A. A.; VINCENT, J. F. V. Anisotropy of apple parenchyma. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 52, p. 455-466, 1990.

KING, G. A. ; MORRIS, S. C. Early compositional changes during postharvest senescence of broccoli. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, 119, p. 1000-1005, 1994b

KING, G. A.; MORRIS, S. C. Physiological changes of broccoli during early postharvest senescence and trough the preharvest-postharvest continuum. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, 119, p. 270-275, 1994 a.

LAMMERTYN, J.; SCHEERLINCK, N.; VERLINDEN, B. E.; SCHOTSMANS, W.; NICOLAI, B. M. Simultaneous determination of oxygen diffusivity and respiration in pear skin and tissue. **Postharvest Biology and Tecnology**, v. 23 (2), p. 93-104, 2001.

LEE, D. S.; HAGGAR, P. E.; LEE, J.; YAM, K. L. Model for fresh produce respiration in modified atmospheres based on principles of enzyme kinetics. **Journal of Food Science**, v. 56, (6), p. 1580-1585, 1991.

LEWICKI, P. P.; PORZECKA-PAWLACK, R. Effect of osmotic dewatering on apple tissue structure. **Journal of Food Engeneering**, v. 66, n. 1, p. 43-50, 2005.

LIMA, L. C. O. Processamento mínimo de kiwi e mamão. **Anais do II Encontro Nacional Sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças**, p.195-209, 2000.

MEDLICOTT, A. P., JEGER, M. J. The development and application of postharvest handling treatments to manipulate ripening mangoes. *In*: Prinsley, R. T., Tucker, R. T. *Mangoes: a review*. London: **Commonwealth Science Council**, p. 56-77, 1987.

MEULLENET, J. F. C., CARPENTER, J. A, LYON, B. G., LYON, C. E. Bi-cydical instrument for assessing texture profile parameters and its relationship to sensory evaluation of texture. **Journal of Texture Studies**, Westport, Conm, v.28, n. 1, p. 101-117, 1997.

NAKHASI, S.; SCHLIMME, D.; SOLOMOS, T. Stirage potential of tomato harvest at the braker stage using modified atmosphere packaging. **Journal of Food Science**, 56 (1), p. 55-59, 1991.

OLIVEIRA, A. M. de; MASSON, M. L. Terminologia e definições utilizadas nos sistemas da qualidade e segurança alimentar. **Boletim da SBCTA**, v. 37, n. 1, p. 52-57, 2003.

PAES, S. S. **Estudo da impregnação à vácuo de maçãs (var. Gala)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos)- Florianópolis- SC, Universidade Federal de Santa Catarina, SC, 86p. 2005.

PEREIRA, T. **Avaliação das características físicas e químicas de goiabas (*Psidium guajava* L.) cv. Cortibel, de polpa branca, sob diferentes condições de armazenamento.** Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal)- Campos dos Goytacazes-RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, RJ, 74p. 2003.

RAGHAVAN, G. S. V., RAMACHANDRA, M., RATTI, C., GARIÉPY, Y. Broccoli respiration rate modeling at varying gas compositions and different temperatures. **Proceedings of 99 International Conference on Agricultural Engineering**. December: p. 25-30, 1999.

RATTI, C.; RAGHAVAN, G. S. V.; GARIÉPY, Y. Respiration rate model and modified atmosphere packaging of fresh cauliflower. **Journal of Food Engineering**, 28, p. 297-306, 1996.

RIJ, R. E.; ROSS, S. R. Quality retention of broccoli packaged in plastic films of defined CO₂ rates. **Packaging Technology**. May-June:22. 1987.

RYALL, A. L.; PENTZER, W. T. Handling, Transportation and Storage of Fruits and Vegetables, Vol 2. **Fruits and Tree Nuts**, 2nd ed. AVI Publishing Co, Westport, CT. 1982.

RYALL, A. L.; PENTZER, W. T. Handling, Transportation and Storage of Fruits and Vegetables, Vol 1. **Vegetables and Melons**, 2nd ed. AVI Publishing Co, Westport, CT. 1979.

SALTVEIT, M. E. A summary of CA and MA requirements and recommendations for the storage of harvested vegetables. G. D. Blanpied, J. A. Bartsch, & J. R. Hicks, **Proceedings of the Sixth International Controlled Atmosphere Research Conference**, v. 2, p. 800-818. Ithaca, New York, USA. 1993.

SHIZUTO, M. **Horticultura**. Instituto Campineiro de Ensino Agrícola. 2^{ed}. Editora Campinas, Campinas, p. 128, 1999.

SOLOMOS, T. Respiration and energy metabolism in senescing plant tissues. **Post-Harvest Physiology and Crop Preservation**, Ed. M. Lieberman, p. 61. Plenum Press, New York. 1983.

SORBY, H. C. On comparative vegetable chromatology. **Proceedings of the Royal Society**, 21, p. 442-483, 1983.

STANBURY, P. F.; WHITAKER, A. **Principles of Fermentation Technology**. Pergamon Press, Oxford. 1984.

WALLACE, C.; WILLIAMS, T. Prerequisites: a help or a hindrance to HACCP. **Food Control**, v. 12, n. 12, p. 235-240, 2001.

WELLBURN, A. R. The spectral determination of chlorophylls *a* and *b*, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. **Journal of Plant Physiology**, 144, p. 307-313, 1994.

WILEY, R. C. **Frutas y hortalizas minimamente processadas e refrigeradas**. Editora Acribia, S. A. Zaragoza. 362 p. 1997.

WILLS, R. B. H.; McGLASSON, W. B.; GRAHM, D. ; LEE, T. H.; HALL, E. G. Post Harvest, **AVI Nostrand Reinhold Publishers**, New York. 1989.

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.

YANG, C. C.; CHINNAN, M. S. Modeling the effect of O₂ and CO₂ on respiration and quality of stored tomatoes. **Transactions of the ASAE**. 31(3):920, 1988.

ZAGORY, D., & KADER, A. A. Modified atmosphere packaging of fresh produce. **Food Technology**, 42(9), p. 70-77, 1988.

ZHUANG, H.; HILDEBRAND, D. F.; BARTH, M. M. Temperature influenced lipid peroxidation and deterioration in broccoli buds during postharvest storage. **Postharvest Biology and Technology**, 21, p. 49-58, 1997.

ZHUANG, H.; HILDEBRAND, D. F.; BARTH, M. M. Senescence of broccoli buds is related to changes in lipid peroxidation. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v. 43, n. 10, p. 2585-2591, 1995.