

CESAR SIMAS TELES

AVALIAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA E SENSORIAL DE COUVE
(*Brassica oleracea*, L. var. *acephala*) MINIMAMENTE
PROCESSADA, ARMAZENADA SOB ATMOSFERA MODIFICADA

Tese apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Ciência e Tecnologia de Alimentos,
para obtenção do título de
“Magister Scientiae”.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2001

CESAR SIMAS TELES

AVALIAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA E SENSORIAL DE
COUVE (*Brassica oleracea*, L. var. *acephala*)
MINIMAMENTE PROCESSADA, ARMAZENADA SOB
ATMOSFERA MODIFICADA

Tese apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Ciência e Tecnologia de Alimentos,
para obtenção do título de “Magister
Scientiae”.

APROVADA: 28 de março 2001.

Prof. Rolf Puschmann
(Conselheiro)

Prof^a. Nilda de Fátima Ferreira Soares
(Conselheira)

Prof^a. Valéria Paula Rodrigues Minim

Dr. Celso Luiz Moretti

Prof. Afonso Mota Ramos
(Orientador)

Às três mulheres da minha vida:
minha mãe, Neizi, por ter priorizado os seus filhos e
ter me feito uma pessoa de bem;
minha avó, D. Thereza, pelo zelo na tarefa de me educar;
minha namorada, Eliane, pelo apoio e por ter me ajudado a
superar a distância e as saudades.

AGRADECIMENTO

A Deus, por sempre estar ao meu lado, iluminando meu caminho.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realizar este curso.

À CAPES e PRODETAB, pelo apoio financeiro.

Ao Professor Afonso Mota Ramos, meu orientador, e ao DTA, por terem acreditado no potencial de um “ilustre desconhecido”.

Ao Professor Rolf Puschmann, por ter me fornecido condições para a realização desta tese, pela sua atenção, pelas críticas construtivas e por seus “rabiscos” em meus escritos.

Às Professoras Nilda de Fátima Ferreira Soares e Valéria Paula Rodrigues Minim, pelas sugestões e pelo apoio durante a elaboração desta tese.

Ao Dr. Celso Moreti, pelo treinamento, pelas sugestões e por ter me “sabatinado” durante a defesa de tese.

À Pesquisadora Claire Sarantópoulos, a quem considero uma segunda orientadora, pela ajuda constante.

Ao Marcelo e Bené, que me ensinaram a “picar” couve e sempre estiveram disponíveis para sanar minhas dúvidas.

Aos amigos de República, Andrezão, Luciano Cabral, Marcelo, Luciano Gaúcho, Gaspar e Satoro, por terem me aturado falando de couve e AM durante dois anos; um agradecimento ⁱⁱⁱ especial ao Róbson, que, além de me aturar, ainda era o escolhido para “calorosas” discussões após meia-noite.

Aos estagiários André, Emile, Kathlen e Rodrigo, por inúmeras vezes terem aberto mão de seus fins de semana e horas livres para me ajudar.

A Elizete, Fabíola e João, por terem sido o “reforço” quando o trabalho apertava.

Ao Bar do Jarbinhas, por existir em Viçosa.

Às minhas amigas Ivaneide, Lílían e Mauren, pares constantes nas noites de forró.

Aos professores e colegas de curso que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Aos funcionários da Horta Nova e Horta Velha, especialmente ao Sr. Antônio Cesário, que nunca deixaram faltar couve para os experimentos.

À empresa AGA, pelas válvulas e pelos gases fornecidos.

À empresa Cryovac, pelo fornecimento de embalagens.

BIOGRAFIA

Cesar Simas Teles, filho de Júlio Cesar Alves Cabral e Neizi Simas Teles, nasceu na cidade do Rio de Janeiro-RJ, no dia 30 de janeiro de 1974.

Concluiu o 2º grau técnico em eletrotécnica no CEFET-CFS, em 1992.

Iniciou, em 1994, o curso de Engenharia Agrônômica na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, concluindo-o em 1998.

Em abril de 1999, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, em nível de mestrado, concluindo-o no dia 28 de março de 2001, na Universidade Federal de Viçosa.

ÍNDICE

	Página
RESUMO.	ix
ABSTRACT.9.....	
xii	
INTRODUÇÃO GERAL	1
CAPÍTULO 1	6
ATIVIDADE RESPIRATÓRIA EM COUVE MINIMAMENTE PROCESSADA SUBMETIDA A DIFERENTES TEMPERATURAS E CONCENTRAÇÕES DE OXIGÊNIO	
1. INTRODUÇÃO	6
2. MATERIAL E MÉTODOS	10
2.1 Matéria-prima	10
2.2 Processamento mínimo	10
2.3 Taxa respiratória em sistema aberto	13
2.4 Determinação do ponto de compensação anaeróbica	14
(PCA) e simulação da exposição por tempo prolongado a condições de anaerobiose	
2.5 Delineamento experimental	15
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
3.1 Efeito da temperatura sobre a taxa respiratória.....	16
3.2 Efeito da concentração de O ₂ sobre a taxa respiratória.....	20

4. RESUMO E CONCLUSÕES	24
CAPÍTULO 2 vi	25
AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE ATMOSFERA MODIFICADA PASSIVA E ATIVA DURANTE O ARMAZENAMENTO DE COUVE MINIMAMENTE PROCESSADA	
1. INTRODUÇÃO	27
2. MATERIAL E MÉTODOS	30
2.1 Matéria-prima	30
2.2 Processamento mínimo	30
2.3 Acondicionamento e armazenamento	31
2.4 Concentração de gases no interior da embalagem	35
2.5 Vitamina C	36
2.6 Sólidos solúveis totais	37
2.7 Delineamento experimental	37
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
3.1 Efeito de sistemas de atmosfera modificada (AM)	38
ativa e passiva sobre a evolução da concentração de O ₂ e CO ₂ no espaço livre das embalagens	
3.2 Efeito de sistemas de atmosfera modificada ativa e.....	48
passiva sobre a concentração de vitamina C em couve minimamente processada	
3.3 Efeito de sistemas de atmosfera modificada ativa e.....	52
passiva sobre a concentração de sólidos solúveis totais em couve minimamente processada	
4. RESUMO E CONCLUSÕES	56
CAPÍTULO 3	58
AVALIAÇÃO DAS ALTERAÇÕES QUÍMICAS, FÍSICAS E SENSORIAIS EM COUVE MINIMAMENTE PROCESSADA CONSERVADA SOB ATMOSFERA MODIFICADA PASSIVA E ATIVA EM DUAS TEMPERATURAS DE ARMAZENAMENTO	
1. INTRODUÇÃO	58
2. MATERIAL E MÉTODOS	59
2.1 Matéria-prima	60
2.2 Processamento mínimo	60

2.3 Acondicionamento e armazenamento	60
vii	
2.4 Concentração de gases no interior da embalagem	61
2.5 Vitamina C	61
2.6 Sólidos Solúveis Totais	62
2.7 Textura	62
2.8 Cor	62
2.9 Análise Sensorial	63
2.10 Análise Estatística	64
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	65
3.1 Concentração de gases no espaço livre de embalagens.....	65
de poliolefina multicamadas contendo couve minimamente processada armazenada a 5 e 10 °C	
3.1.1 Concentração de oxigênio	65
3.1.2 Concentração de gás carbônico	68
3.1.3 Concentração de etileno	71
3.2 Concentração de vitamina C em couve minimamente	73
processada armazenada em embalagens de poliolefina multicamadas a 5 e 10 °C	
3.3 Concentração de sólidos solúveis em couve minimamente	75
processada armazenada em embalagens de poliolefina multicamadas a 5 e 10 °C	
3.4 Alterações de textura em couve minimamente processada	77
armazenada em embalagens de poliolefina multicamadas a 5 e 10 °C	
3.5 Alterações de cor em couve minimamente processada	79
armazenada em embalagens de poliolefina multicamadas a 5 e 10 °C	
3.6 Aceitação de couve minimamente processada embalada,	83
em poliolefina multicamadas e policloreto de vinila, durante o seu armazenamento a 5 e 10 °C	
4. RESUMO E CONCLUSÕES	86
CONCLUSÕES GERAIS	88

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90
APÊNDICES.....	95

RESUMO

TELES, Cesar Simas, M.S., Universidade Federal de Viçosa, março 2001.

Avaliação física, química e sensorial de couve (*Brassica oleracea*, L. var. *acephala*) minimamente processada, armazenada sob atmosfera modificada. Orientador: Afonso Mota Ramos. Conselheiros: Rolf Puschmann e Nilda de Fátima Ferreira Soares

O presente trabalho teve por finalidade caracterizar os efeitos da temperatura e da modificação da atmosfera sobre a conservação de couve minimamente processada, visando selecionar uma combinação adequada de embalagem e atmosfera modificada, para a conservação prolongada do produto. Em couve minimamente processada em um sistema experimental aberto, com fluxo de ar contínuo, um acréscimo de 10 °C causou uma elevação da taxa respiratória de duas a duas vezes e meia, na faixa de 5 a 20 °C. A redução da concentração de oxigênio resultou na diminuição da taxa respiratória em até quatro vezes, sem que fosse atingido o seu ponto de compensação anaeróbica. A exposição por 24 h à falta de oxigênio, à temperatura ambiente, reduziu a taxa respiratória em 26 vezes. Avaliou-se o

efeito de 16 diferentes combinações embalagem x misturas gasosas, sobre a concentração de sólidos solúveis totais e de vitamina C de couve minimamente processada, armazenada a 5 °C, durante 14 dias de armazenamento. Embalagens com permeabilidade a oxigênio inferior a 8.500 $\text{cm}^3.\text{m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$, não foram eficientes na conservação da couve minimamente processada, a 5° C, e a injeção de gases nas embalagens acelerou a deterioração do produto. Dentre as 16 combinações testadas, selecionaram-se as duas mais eficazes: poliolefina multicamadas (permeabilidade a O_2 = 9.745 $\text{cm}^3.\text{m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$), com modificação ativa da atmosfera (0% de O_2 / 5% de CO_2) e com modificação passiva da atmosfera. No sistema de poliolefina multicamadas com modificação ativa de atmosfera, a injeção de gases inibiu a respiração e a produção de etileno sob as duas temperaturas de armazenamento testadas. Tais fatos não se reverteram em maior manutenção do teor de vitamina C e aceitação do consumidor, em relação a mesma embalagem com a modificação passiva de atmosfera. Os dois sistemas de modificação da atmosfera também não produziram resultados estatisticamente diferentes em relação à concentração de sólidos solúveis totais, textura e cor.

ABSTRACT

TELES, Cesar Simas, M.S., Federal University of Viçosa, March 2001.

Physical, chemical and sensorial evaluation of fresh cut collard (*Brassica oleracea*, L. var. *acephala*) stored under modified atmosphere. Adviser: Afonso Mota Ramos. Committee Members: Rolf Puschmann and Nilda de Fátima Ferreira Soares

The present work evaluated the effects of packaging and modified atmosphere on the conservation of fresh cut collard greens, stored at 5 and 10 °C. The effects of temperature, oxygen concentration and prolonged exposition under the absence of oxygen on the respiratory rate of the fresh cut collard greens were determined in an experimental open flow through system. An increase of 10° C in the storage temperature resulted in a 2.4 fold increase in the respiratory rate. The reduction in oxygen concentration resulted in a four fold decrease in the respiratory rate, even though the anaerobic compensation point were not attained. Fresh cut collard greens maintained for 24 h in the system without O₂ resulted in a 26 fold decrease in the respiratory rate. Fresh cut collard greens stored at 5 °C in sixteen different combinations of package and gaseous mixtures, for 14 days, were evaluated for total soluble solids and vitamin C concentration during the

storage period. In these experiments, it was observed that packages, with permeability rate to oxygen lower than $8,500 \text{ cm}^3.\text{m}^{-2}.\text{day}^{-1}$, were not efficient for the conservation of the fresh cut collard greens at 5°C , and that injection of gases in these packages accelerated the product deterioration. Of these 16 combinations, the most efficient ones were: multilayer polyolephenic (oxygen permeability rate = $9,745 \text{ cm}^3.\text{m}^{-2}.\text{day}^{-1}$) with active modified atmosphere ($0\% \text{ O}_2 / 5\% \text{ CO}_2$) and with passive modified atmosphere. The two systems were submitted to new tests showing that although the injection of gases inhibited respiration and ethylene production in storage at 5 and 10°C , these facts did not result in delayed conservation of vitamin C levels or in quality maintenance of and improved consumer's acceptance, as compared with the same packaging with the passive modified atmosphere.

INTRODUÇÃO GERAL

A crescente industrialização mundial promoveu profundas mudanças nas relações sociais e de trabalho. As mulheres conquistaram o mercado de trabalho, passando grande parte do dia distante da sua residência, e expressiva parcela da população migrou do meio rural para as cidades. Essas alterações provocaram grande aumento no número de pessoas que fazem suas refeições fora de casa, ou que têm pouco tempo para prepará-las.

A partir desse quadro, restaurantes, lanchonetes, hotéis e mesmo o consumidor doméstico têm buscado alimentos que sejam de fácil preparo e que possuam bom valor nutritivo. O produto minimamente processado atende a esses dois requisitos e, por isso, a sua demanda e produção vêm crescendo rapidamente.

Os produtos minimamente processados representam 10% do mercado de produtos frescos nos EUA, movimentando 8 a 10 bilhões de dólares (CANTWELL, 2000).

A popularidade dos produtos minimamente processados (PMP) vem aumentando a cada ano, apresentando boa aceitação em restaurantes, cozinhas industriais e redes de refeições rápidas, pois eliminam as tarefas de seleção, lavagem, descascamento e corte. No Brasil, os grandes centros urbanos

apresentam grande potencial para o consumo de hortaliças minimamente processadas, destacando-se alface, couve, repolho, brócolis, couve-flor, espinafre e chicória.

Outra grande vantagem é a redução dos custos de transporte em até 50%, devido à eliminação de partes não-aproveitáveis (talos, cascas, caroços) e redução da quantidade de alimento deteriorado (BOLIN et al., 1977).

Várias são as definições para processamento mínimo (WILEY, 1994), mas, em geral, considera-se uma fruta ou hortaliça minimamente processada aquela que passou por etapas de processamento (lavagem, descascamento, corte, centrifugação) e que mantém as suas características sensoriais e o frescor do produto inteiro (WATADA e QI, 1999A; SCHLIMME, 1995; WILEY, 1994).

A International Fresh Cut Produce Association (IFPA, 1999) define o processamento mínimo como qualquer alteração física causada em frutos ou hortaliças, porém que não altere o estado de frescor desses produtos.

Os produtos minimamente processados são alimentos que continuam metabolicamente ativos, devido à sua condição de produto *in natura*. O processamento mínimo aumenta a sua perecibilidade, em razão dos danos mecânicos ocorridos durante o processamento, que ocasionam rompimento celular nas regiões de corte, aumento da produção de etileno, aumento da taxa respiratória e síntese de metabólitos secundários. Essas alterações resultam na diminuição da vida-de-prateleira dos produtos minimamente processados, sendo verificados os seus efeitos por meio de alterações de valor nutritivo, cor, textura, aroma e sabor, além do aumento do crescimento da microbiota (KING e BOLIN, 1989).

O corte das estruturas dos vegetais durante o processamento causa ruptura das células, ocasiona a exudação de fluidos celulares e a descompartimentação enzimática, acelerando a degradação fisiológica. Ocorre também a aceleração do crescimento microbiológico, que, aliada às alterações bioquímicas e fisiológicas, diminuem o tempo de armazenamento. A utilização de lâminas inadequadas ou o corte muito fino dos vegetais aumentam os danos durante o processamento (BOLIN et al., 1977).

Os produtos minimamente processados (PMPs) são vulneráveis à descoloração, porque as suas células e seus tecidos encontram-se danificados,

perdendo a sua camada protetora. Os tecidos expostos têm grande potencial para ficarem escurecidos e desidratados (WATADA e QI, 1999b).

Durante as etapas de processamento mínimo de frutos e hortaliças, duas metas principais são almejadas: oferecê-lo em uma forma conveniente ao consumidor, sem que se altere o seu valor nutricional e o frescor característico; e manter uma vida-de-prateleira suficiente para a distribuição e venda (HUXSOLL e BOLIN, 1989).

A estabilidade dos PMPs durante o armazenamento pode ser aumentada por meio da redução da contaminação microbiológica da matéria-prima, retirada do excesso de água do produto, uso de refrigeração e redução dos danos físicos durante o processamento (WILEY, 1994).

Vários métodos de preservação são utilizados para manter a qualidade dos PMPs e estender a sua vida-de-prateleira; entre eles, os mais comuns são: o uso de conservantes químicos, sanitização, baixas temperaturas (durante processamento e armazenamento) e a modificação de atmosferas (BRECHT, 1995; WATADA et al., 1996; AHVEHAINEN, 1996). A atmosfera modificada, normalmente associada à refrigeração, pode permitir a eliminação do uso de conservantes químicos, que podem ocasionar danos à saúde do consumidor e que possuem alto índice de rejeição dos consumidores que buscam uma alimentação mais saudável.

A atmosfera modificada pode ser definida como o ato de embalar um produto perecível com filme plástico, em que, no seu interior, a concentração de gases é diferente da do ar (HINTLIAN e HOTCKISS, 1986). A modificação de atmosfera pode ser criada passivamente, por meio da respiração do produto, aliado ao uso de embalagens de material com permeabilidade apropriada, ou ativamente, pela injeção de gases de concentração específica em conjunto com embalagens de material de permeabilidade adequada.

A atmosfera modificada tem potencial para estender a vida-de-prateleira de frutas e hortaliças frescas e minimamente processadas por meio de redução dos processos oxidativos, controle de microrganismos e diminuição da perda d'água. Os benefícios da atmosfera modificada são relatados na literatura tanto para produtos frescos quanto cortados. Floretes de brócolis, quando conservados sob atmosfera contendo aproximadamente 3% de O₂ e 9% de CO₂, mantiveram o

seu conteúdo de clorofila e ácido ascórbico, e a atividade da peroxidase se manteve reduzida (BARTH et al., 1993); alface minimamente processada teve a atividade da polifenol oxidase diminuída quando conservada em atmosfera modificada (HEIMDAL et al., 1995).

O propósito de ambos os princípios é criar uma concentração ótima de gases no interior da embalagem, na qual a atividade metabólica, evidenciada principalmente pela taxa respiratória, do produto seja mínima e o produto não sofra injúrias devido aos níveis de oxigênio e gás carbônico (AHVENAINEN, 1996).

A atmosfera modificada também pode causar alterações indesejáveis nos produtos, caso sejam criadas no interior das embalagens baixas concentrações de O₂. Essas concentrações podem ocasionar a formação de sabores e odores indesejáveis, alterações de textura e diminuição da vida-de-prateleira, devido à fermentação, e proporcionar condições para o desenvolvimento de microrganismos anaeróbicos patogênicos.

O conhecimento do nível mínimo de O₂ requerido para a respiração aeróbica é muito importante, a fim de evitar que a via anaeróbica seja a via de respiração predominante, o que ocasiona a perda acelerada de qualidade do produto (WATADA et al., 1996).

A condição geral de qualidade, que inclui aparência (firmeza/textura, cor) e conteúdo de vitaminas, é afetada por vários fatores, porém o mais importante para a conservação de PMPs é a temperatura (BRECHT, 1995). Quando a temperatura aumenta de 0 para 10 °C, a taxa respiratória aumenta substancialmente. WATADA et al. (1996), estudando o efeito do aumento da temperatura sobre a taxa respiratória de produtos minimamente processados, observaram aumentos de 3,4 a 8,3 vezes na taxa respiratória para cada acréscimo de 10 °C na temperatura de armazenamento.

As embalagens possuem várias funções, entre elas a de proteger os alimentos contra danos físicos e contaminações externas, reduzir a perda de umidade do produto, informar sobre o alimento e atuar como vendedor silencioso. No caso de PMPs, têm-se utilizado embalagens de filmes poliméricos que possuam a propriedade de reduzir a perda de água e gerar a modificação da atmosfera em torno do alimento.

A couve (*Brassica oleracea*, L. var. *acephala*) é uma das hortaliças folhosas mais consumidas pela população brasileira, fazendo parte de nossa culinária típica. A couve é consumida predominantemente cortada em finas tiras de 1 a 2 mm de espessura, nos pratos chamados caldo verde, couve à mineira, feijoada e saladas cruas. A couve minimamente processada é um produto que possui alta perecibilidade, apresentando alta atividade respiratória, devido aos estresses ocorridos na fase pós-colheita e às injúrias mecânicas durante o processamento mínimo (CARNELOSSI, 2000).

Variáveis como taxa respiratória, evolução da concentração de gases, alterações de textura, cor, sólidos solúveis totais e vitamina C estão relacionadas com progressão da senescência e diminuição da qualidade dos produtos minimamente processados.

O presente trabalho visa estudar esses parâmetros, com a finalidade de avaliar os benefícios provocados pela conservação da couve minimamente processada sob atmosfera modificada e a sua relação com a aceitação do produto pelo consumidor.

CAPÍTULO 1

ATIVIDADE RESPIRATÓRIA EM COUVE MINIMAMENTE PROCESSADA SUBMETIDA A DIFERENTES TEMPERATURAS E CONCENTRAÇÕES DE OXIGÊNIO

1. INTRODUÇÃO

A respiração é o processo pelo qual reações químicas oxidam compostos orgânicos, carboidratos e lipídios a gás carbônico e água para a produção de energia, sendo a organela responsável pela respiração aeróbica conhecida como mitocôndria. Parte da energia liberada é armazenada na forma de energia química pela adenosina trifosfato (ATP), e parte é perdida na forma de calor (DAY, 1993).

A respiração é um processo complexo que pode ser influenciado por diversos fatores intrínsecos (tamanho do produto, variedade, grau de maturidade, tipo de tecido) e extrínsecos (temperatura, concentração de O₂ e CO₂, danos mecânicos) (DAY, 1993).

O produto minimamente processado (PMP) sofre durante o seu processamento várias injúrias mecânicas (corte, descascamento, retirada de partes não-comestíveis, centrifugação), que são inerentes ao processamento mínimo. Essas lesões ocasionam a elevação de sua taxa respiratória e produção de etileno, alterações de cor (escurecimento enzimático), sabor, aroma, textura e, na maioria dos casos, perda de qualidade nutricional (CANTWELL, 1992).

Na tentativa de diminuir a atividade metabólica, os PMPs normalmente são armazenados sob refrigeração, a qual também permite diminuir o crescimento microbiano e as alterações bioquímicas, ampliando o prazo de conservação dos alimentos. Reações metabólicas, entre elas a respiração, são reduzidas em duas a três vezes, para cada decréscimo de 10 °C na temperatura, o que permite retardar a maturação e a senescência do produto (BRECHT, 1995).

A temperatura tem um dos mais pronunciados efeitos sobre a vida-de-prateleira de PMPs. Alface minimamente processada, quando armazenada a 2 °C, permaneceu comercializável durante 26 dias, enquanto a 10 °C a sua vida-de-prateleira foi de 10 dias (BOLIN et al., 1977) .

Os efeitos da temperatura sobre reações químicas, inclusive sobre a taxa respiratória, tradicionalmente são quantificados pelo Q_{10} , coeficiente que indica quantas vezes aumenta a velocidade de uma reação a cada acréscimo de 10 °C na temperatura. Os efeitos da temperatura também podem ser quantificados pelo modelo de Arrhenius, no qual o efeito do aumento da temperatura é dado pela energia de ativação (CAMERON et al., 1995).

A energia de ativação (E_a) é um parâmetro que tem sido utilizado para caracterizar embalagens plásticas. O conhecimento da E_a da respiração do PMP e da embalagem serve como importante ferramenta para prever os efeitos da flutuação da temperatura sobre a concentração de gases no interior das embalagens.

A modificação de atmosfera é também um fator que tem forte influência no metabolismo dos vegetais. O efeito combinado de baixas concentrações de O_2 e altas concentrações de CO_2 diminui a taxa respiratória de frutas e

hortaliças, retarda o amadurecimento, aumenta a retenção de clorofila e vitaminas e pode prolongar a vida-de-prateleira dos produtos embalados (THOMPSON, 1998; FORNEY et al., 1989; BARTH et al., 1993).

A modificação de atmosfera é uma técnica de conservação em que a concentração de gases em torno do alimento é alterada pela utilização de uma embalagem semipermeável (LEE et al., 1991). Na modificação de atmosfera, a concentração de O_2 é reduzida e a de CO_2 aumentada, o que reduz a taxa respiratória, a produção de etileno e aumenta a vida-de-prateleira do produto.

Segundo EXAMA et al. (1993), a modificação de atmosfera é criada naturalmente no interior de uma embalagem selada, como resultado direto do contrabalanço entre o consumo de O_2 e a produção de CO_2 pela respiração, com a permeação desses gases através da embalagem.

Em alguns sistemas de atmosfera modificada, após algum tempo, atinge-se um estado de equilíbrio, no qual a concentração de O_2 e CO_2 se mantém constante. Pesquisas com atmosfera modificada visam determinar filmes que tenham permeabilidade que, combinada com a taxa respiratória do produto, permita, no estado de equilíbrio, a manutenção de uma microatmosfera em torno do produto, em que os benefícios para conservação sejam máximos (CAMERON et al., 1995; EXAMA et al., 1993).

A diminuição da concentração de O_2 no interior da embalagem reduz a respiração do produto, porém um nível muito baixo pode levá-lo a condições de anaerobiose. Esse ambiente ocasiona distúrbios fisiológicos, que levam a alterações sensoriais do produto (odores desagradáveis, amarelecimento, perda de textura) e colocam a saúde do consumidor em risco (KADER, 1992; HINTLIAN e HOTCHKISS, 1986).

A menor concentração de O_2 para a qual a produção de CO_2 é mínima é conhecida como ponto de compensação anaeróbica (BOERSIG et al., 1988) e indica o menor nível de O_2 no qual frutas e hortaliças podem ser armazenadas sem que entrem em anaerobiose (LESHUK e SALTVEIT Jr., 1990).

YANG e CHINNAN (1988) sugeriram que os princípios da cinética enzimática podem ser utilizados apropriadamente para a modelagem da

respiração de produtos. Vários autores (CAMERON et al., 1994; LEE et al., 1991) têm reconhecido as vantagens do emprego da equação de Michaelis-Menten para descrever o consumo de O_2 na respiração, em relação à concentração de O_2 . Devido às dificuldades em determinar os níveis internos de oxigênio em frutas e hortaliças, tem sido utilizada uma aproximação da constante de Michaelis-Menten (K_m), em que se avalia a velocidade da reação considerando os níveis externos, conhecida como $K_{1/2}$ (CAMERON et al., 1994; CAMERON et al., 1995).

Foram objetivos deste trabalho:

- Avaliar os efeitos do aumento da temperatura sobre a taxa respiratória da couve minimamente processada.
- Determinar a energia de ativação e Q_{10} .
- Determinar o ponto de compensação anaeróbico da couve em temperatura ambiente.
- Observar os efeitos da diminuição da concentração de O_2 e da exposição prolongada às condições de anaerobiose sobre a taxa respiratória de couve minimamente processada.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Matéria-prima

Plantas de couve da variedade popularmente conhecida como “mineira”, propagadas vegetativamente e cultivadas na horta da Universidade Federal de Viçosa, tiveram suas folhas colhidas com aproximadamente 35 a 40 cm de comprimento (MEDINA, 1991). As folhas colhidas foram imediatamente levadas ao laboratório, colocadas em bandejas com o pecíolo imerso em água e armazenadas por 8 a 14 horas em câmara fria a 7 ± 1 °C, até o seu processamento (CARNELOSSI, 2000).

2.2 Processamento mínimo

O processamento mínimo consistiu das etapas de seleção e lavagem, sanitização, corte (fatiamento), enxágüe, centrifugação, embalagem e armazenamento, conforme apresentado na Figura 1 (CARNELOSSI, 2000, modificado por BITTENCOURT, 2000). Todas as etapas foram realizadas em temperaturas de 18 ± 2 °C, em laboratório refrigerado com ar condicionado.

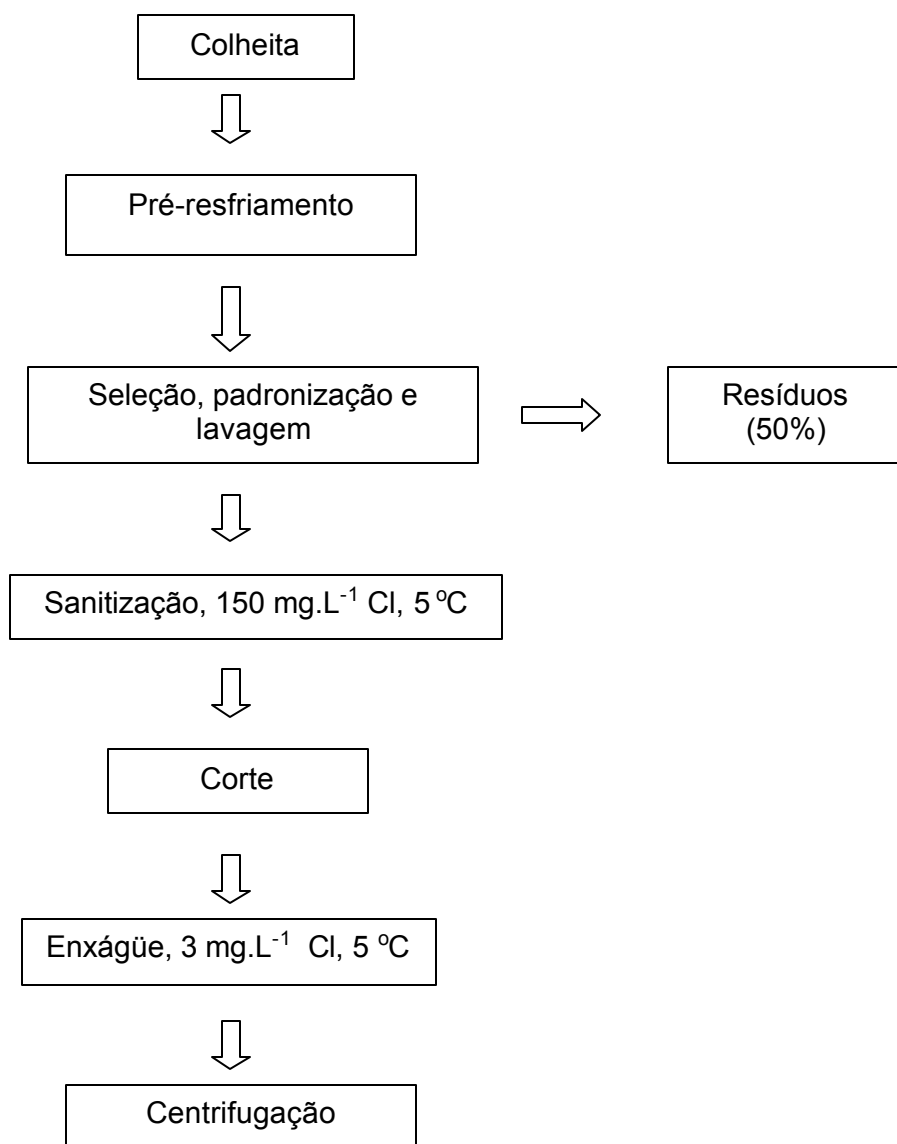


Figura 1 - Fluxograma do processamento mínimo de couve.

2.2.1 Seleção, Padronização e Pré-Lavagem

As folhas de couve foram selecionadas e padronizadas por tamanho, cor e integridade. Em seguida, elas foram lavadas com água corrente e tiveram sua nervura central retirada.

2.2.3. Sanitização

As folhas, sem o talo, foram imersas em água resfriada a 5 °C com gelo, contendo 150 mg.L⁻¹ de cloro ativo, por 10 minutos (SIMONS e SANGUANSRI, 1997). O sanitizante utilizado tinha como princípio ativo o Dicloro S. Triazinatriona Sódica Diidratada.

2.2.4. Corte (fatiamento)

Após a sanitização, as folhas foram cortadas com o auxílio de um processador industrial para vegetais (Robotcoupe), equipado com lâmina giratória para corte de 1 mm, gerando fatias de couve com espessura de $1,5 \pm 0,5$ mm.

2.2.5 Enxágüe

Após o corte, foi realizado o enxágüe da couve em água resfriada a 5 °C, contendo 5 mg.L⁻¹ de cloro ativo, durante 10 minutos. Nessa etapa utilizou-se o sanitizante descrito anteriormente.

2.2.6 Centrifugação

A couve minimamente processada foi centrifugada durante 10 minutos, utilizando-se uma centrífuga doméstica de pequeno porte (ARNO), que aplicava força centrífuga de aproximadamente 800 x g.

2.3 Taxa respiratória em sistema aberto

A taxa respiratória foi determinada utilizando-se um sistema aberto (KAYS, 1991). Este sistema constitui-se de um frasco de vidro com 1,5 L, contendo 20 g de couve minimamente processada, coberto por um filme plástico perfurado, para permitir trocas gasosas e diminuir a desidratação da couve. As medições foram feitas fechando-se a boca do frasco com uma tampa que possuía uma entrada e uma saída. Pela entrada foi bombeado um fluxo contínuo de 300 mL/min de ar, e em sua saída foi conectado um analisador de gás infravermelho (IRGA, LCA-4, ADC).

Os frascos foram mantidos no interior de uma BOD (mod. 3740, Forma Scientific), para avaliar a taxa respiratória nas temperaturas de 5, 10, 15 e 20 °C. Os tratamentos foram realizados em quatro frascos, sendo cada frasco uma repetição.

O valor de Q_{10} foi calculado conforme indicado na equação 1, e a energia de ativação (E_a), a partir da equação 2, descritas a seguir.

$$Q_{10} = Tr_{t+10} / Tr_t \quad (1)$$

em que

Tr_t = taxa respiratória na temperatura t °C; e

Tr_{t+10} = taxa respiratória na temperatura $t + 10$ °C.

$$Tr = Tr^* \cdot \exp^{(-E_a / RT)} \quad (2)$$

em que

Tr = taxa respiratória ($\text{mLCO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$);

Tr^* = respiração pré-exponencial ($\text{mLCO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$);

E_a = energia de ativação ($\text{J} \cdot \text{mol}^{-1}$);

R = constante dos gases ($8,3144 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$); e

T = temperatura (K).

2.4 Determinação do ponto de compensação anaeróbica (PCA) e simulação da exposição por tempo prolongado a condições de anaerobiose

Foram colocados 20 g de couve minimamente processada em uma câmara de volume de 300 mL (Figura 2), por onde passava um fluxo contínuo de 220mL/min de gás. O gás provinha de um reservatório de 20 L conectado a um cilindro de N_2 puro. No instante inicial, o reservatório continha ar atmosférico, e, com o decorrer do experimento, a concentração de O_2 foi reduzida pela sua diluição com N_2 (LESHUK et al.,1990).

Para medição da concentração de oxigênio, foram retiradas amostras de 5,0 mL de gás, com o auxílio de uma seringa, antes da entrada da câmara contendo a couve MP, e aplicadas em um analisador de oxigênio (HS 750 MOCON).

A saída da câmara foi conectada a um analisador de gás portátil contendo um sensor de infravermelho (IRGA, LCA-4, ADC), para a leitura das concentrações de CO_2 produzidas pela respiração (Figura 2).

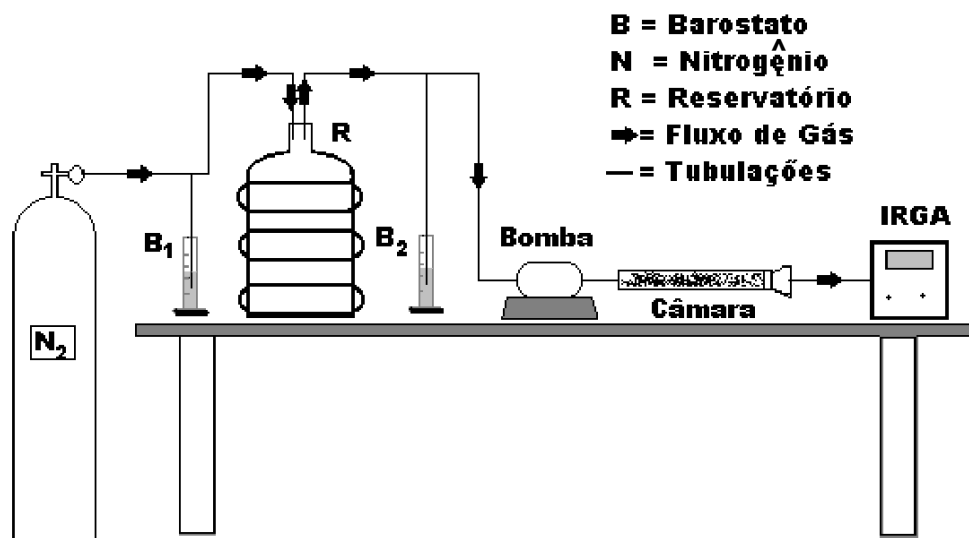


Figura 2 - Representação esquemática do sistema de diluição de O_2 e medição da produção de CO_2 pela couve minimamente processada, exposta a níveis decrescentes de O_2 .

A simulação da exposição a condições de anaerobiose por tempo prolongado foi obtida utilizando-se o sistema para a determinação do PCA (LESHUK et al., 1990), suprimindo-se o reservatório de gás. Nesse sistema, um fluxo constante de 300 mL/min de N₂ foi mantido desde o início do experimento até o seu término. Ambos os experimentos foram realizados em temperatura ambiente (22± 2 °C).

2.5 Delineamento experimental

Os experimentos foram realizados sob o delineamento inteiramente casualizado. Foram realizadas quatro repetições para o experimento de avaliação de taxa respiratória, para cada temperatura (quatro repetições x quatro temperaturas); quatro repetições para o experimento de determinação de ponto de compensação anaeróbica; e três repetições para o experimento de simulação de exposição prolongada à ausência de oxigênio.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Efeito da temperatura sobre a taxa respiratória

A menor média de taxa respiratória foi de 160,67 mg CO₂.kg⁻¹.h⁻¹, obtida a 5°C, e a maior foi de 494,40 mg CO₂.kg⁻¹.h⁻¹, obtida a 20 °C (Figura 3). As taxas respiratórias obtidas, para a couve minimamente processada, foram semelhantes às encontradas por CARNELOSSI (2000) nas temperaturas de 5, 10 e 25 °C.

A taxa respiratória tendeu a um decréscimo com o decorrer do tempo, que pode ser explicado pela senescência do produto, acelerada pela desidratação da couve MP.

CANTWELL (1992) observou que durante o armazenamento a taxa respiratória do repolho minimamente processado (MP) também diminuiu e que a elevação da temperatura provocou o aumento da taxa respiratória.

A partir da equação 1 (Material e Métodos) foram obtidos os valores de Q₁₀ para as temperaturas de 5 - 15 °C (Q₍₅₋₁₅₎) e 10 - 20 °C (Q₍₁₀₋₂₀₎) (Tabela 1).

A elevação da temperatura em 10 °C ocasionou aumentos de 2,1 a 24 vezes na taxa respiratória, sendo o maior aumento verificado quando a temperatura passou de 10 para 20 °C (Tabela 1). WATADA et al. (1996)

observaram que, de 15 hortaliças e frutas frescas, 11 delas tiveram o $Q_{(10-20)}$ superior ao $Q_{(0-10)}$.

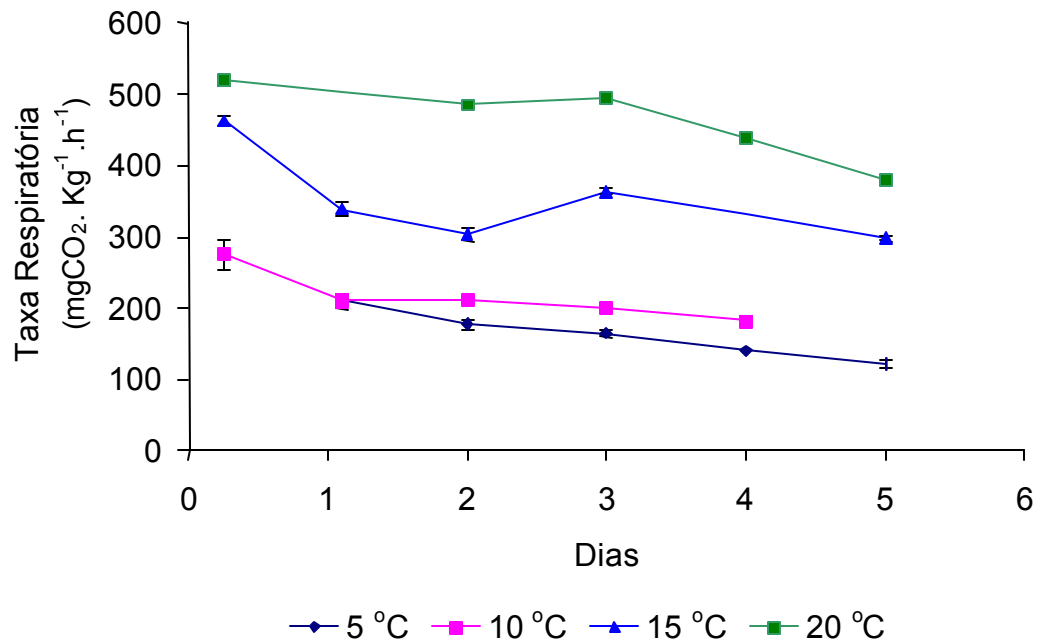


Figura 3 - Taxa respiratória de couve minimamente processada nas temperatura de 5, 10, 15 e 20 °C. Barras verticais representam o erro-padrão da média.

A elevação na taxa respiratória observada foi maior que a obtida por CARNELOSSI (2000), o qual verificou aumento de 2,5 vezes na taxa respiratória quando se elevou a temperatura de 5 para 25 °C.

WATADA et al. (1996) relataram que tomate, pepino, kiwi e morango minimamente processados tiveram valores de Q_{10-20} de 3,5; 4,6; 3,3; e 5,5, respectivamente. Lutz e Handenburg (1968), citados por EXAMA et al. (1993), encontraram valores de $Q_{(0-10)}$ de 2,33 para repolho, 2,22 para alface, 2,39 para brócolis e 2,44 para couve-flor, inteiros.

WATADA e QI (1999b) afirmam que a utilização de baixas temperaturas é o principal fator na manutenção da qualidade de produtos minimamente processados e que se deve manter a temperatura próxima a 0 °C, desde que seja economicamente viável e o produto não seja sensível a injúrias por frio.

Tabela 1 - Taxas respiratórias e valores de Q_{10} de couve minimamente processada, submetida a uma variação de temperatura de 5 a 20 °C

Temperatura (°C)	Taxa Respiratória* (mg CO ₂ .kg ⁻¹ .h ⁻¹)	Q_{10}
5	160,67	$Q_{(5-15)}$ 2,08
10	207,27	
15	334,61	$Q_{(10-20)}$ 2,38
20	494,40	

* Média dos valores obtidos entre o 1º e o 4º dia de armazenamento.

Segundo BRECHT (1995), o uso de baixas temperaturas é o fator mais comum e importante para minimizar os efeitos das injúrias causadas, durante o processamento mínimo, a frutas e hortaliças. Essas injúrias levam à redução da vida-de-prateleira e ocasionam perdas nas propriedades nutricionais e sensoriais nos produtos minimamente processados.

CANTWELL (2000) recomenda estrito controle da temperatura durante o processamento, transporte e armazenamento, a fim de minimizar os danos e reduzir o crescimento microbiológico.

Na Figura 4 pode-se observar que o logaritmo natural das taxas respiratórias correlacionou-se linearmente com o inverso da temperatura. Desse gráfico, obteve-se a energia de ativação (E_a) da couve MP por meio multiplicação do coeficiente linear da reta de Arrhenius (Figura 4) pela constante universal dos gases (8,3144 J.mol⁻¹.K⁻¹).

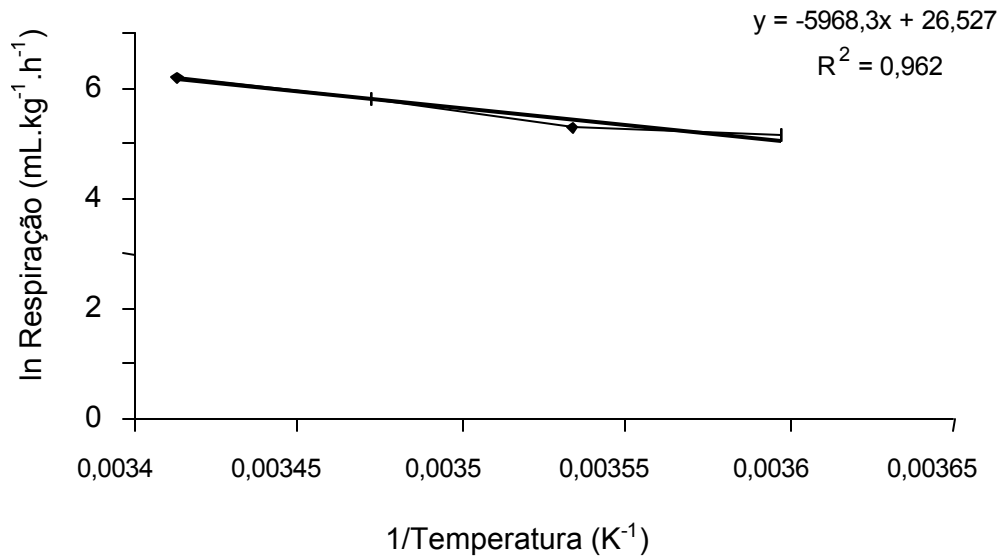


Figura 4 – Linearização do gráfico da equação de Arrhenius.

A E_a da couve MP calculada foi de $49,62 \text{ kJ.mol}^{-1}$, sendo compatível com valores apresentados para outras hortaliças, como floretes de brócolis = $55,9$, repolho = $54,2$ e alface = $51,1 \text{ kJ.mol}^{-1}$ (EXAMA et al., 1993).

A E_a da respiração de produtos minimamente processados é importante para fazer previsões de como as alterações na temperatura influenciam a taxa respiratória. EXAMA et al. (1993) recomendam que frutas e hortaliças MP sejam embaladas em filmes plásticos que possuam maior E_a que a dos produtos, para prevenir riscos de anaerobiose devido a flutuações de temperatura.

A possibilidade da criação de ambientes anaeróbicos com o sistema de AM durante o transporte e armazenamento é uma grande preocupação de empresas interessadas no uso da tecnologia de modificação de atmosfera. Segundo BEAUDRY et al. (1992), as flutuações de temperatura são uma das principais causas da geração desses ambientes.

A couve MP é um produto que possui taxas respiratórias altíssimas, mesmo em baixas temperaturas (Figura 3). Por isso, para que seja mantida uma AM otimizada, mesmo quando sujeita a flutuações de temperatura, é necessário que o filme possua E_a superior a 50 kJ.mol^{-1} .

BEAUDRY et al. (1992) recomendam que, para manter níveis de O_2 toleráveis em todas as temperaturas, as embalagens devem aumentar sua permeabilidade ao O_2 mais rapidamente que o aumento da taxa respiratória, quando ocorre elevação de temperatura. Para que a embalagem atinja esse pré-requisito, é necessário que a sua E_a de permeabilidade ao O_2 do filme seja maior que E_a do produto vegetal embalado (CAMERON et al., 1994).

Filmes normalmente utilizados para embalar produtos MP possuem E_a inferior a 50 kJ.mol^{-1} . Policloreto de vinila (PVC), polietileno de baixa densidade (PEBD) e polietileno de alta densidade (PEAD) possuem, respectivamente, 41,4; 43,1; e $35,1 \text{ kJ.mol}^{-1}$ (EXAMA et al., 1993). Dentre 20 filmes diferentes apresentados por EXAMA et al. (1993), apenas o "saran", com $E_a = 66,5 \text{ kJ.mol}^{-1}$, possui energia de ativação superior a 50.

EXAMA et al. (1993) e CAMERON et al. (1994) propõem a criação de novos filmes e a utilização de válvulas de segurança para prevenir níveis muito baixos de O_2 .

A E_a da couve foi maior do que a dos filmes plásticos utilizados na confecção de embalagens para produtos minimamente processados, o que pode levar à criação de ambientes anaeróbicos no interior das embalagens, quando expostas a grande flutuação de temperatura.

A análise dos resultados obtidos demonstra a importância da manutenção de baixas temperaturas, durante o armazenamento da couve minimamente processada, na redução do metabolismo e na manutenção de sua qualidade.

3.2 Efeito da concentração de O_2 sobre a taxa respiratória

Observa-se que a concentração de O_2 afetou, significativamente, a taxa respiratória da couve MP (Figura 5). Sua redução levou à diminuição da taxa respiratória em até 3,7 vezes, comparando-se a respiração na concentração de 21% de O_2 com a respiração em 0% de O_2 .

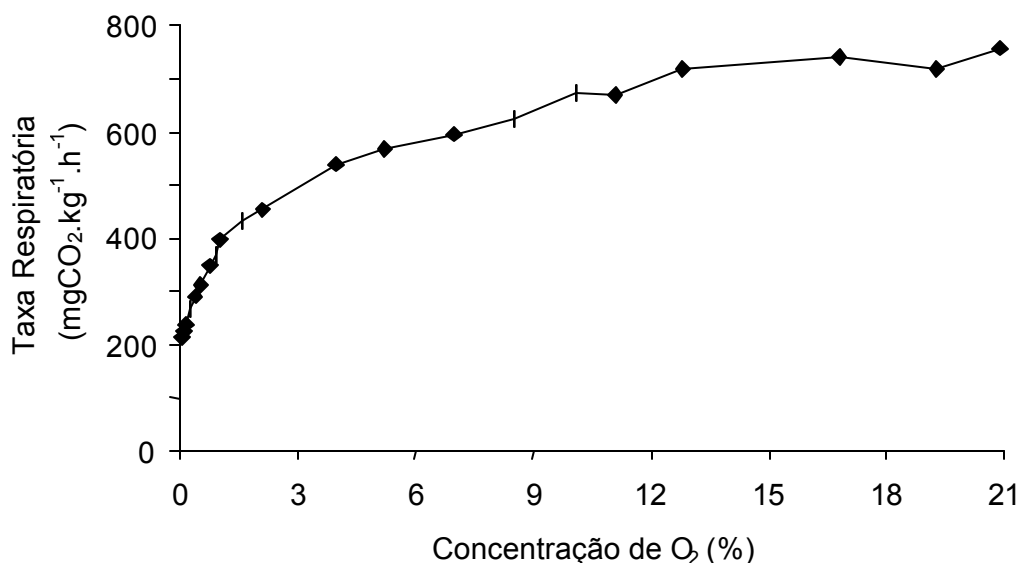


Figura 5 - Taxa respiratória de couve minimamente processada exposta a concentrações decrescentes de O₂, na temperatura de 22± 2 °C (média de quatro repetições).

O ponto de compensação anaeróbica (PCA) não foi observado para a couve minimamente processada, na temperatura de 22 ± 2 °C. Neste experimento, a concentração de 1% de O₂ foi atingida após cinco horas, e a concentração de 0% de O₂, nove horas após o início do experimento.

BOERSIG et al. (1988) definem ponto de compensação anaeróbica (PCA) como a concentração de O₂ para a qual a produção de CO₂ pela respiração é mínima; ele pode ser observado graficamente pelo aumento brusco na produção de CO₂, quando este é atingido.

O PCA indica o menor nível de O₂ em que se pode estocar uma hortaliça ou fruta sem que ela entre em fermentação. Na literatura, há consenso de que a concentração de O₂ deve ser tão baixa quanto possível, sem que ocorra a fermentação. O PCA para brócolis, a 0 °C, foi atingido na concentração de 0,15% de O₂ (TALALISA et al., 1994); 1,25% de O₂ para cenouras; 0,3% de O₂, para espinafre (KO et al., 1996). O aumento da temperatura de armazenamento fez com que o PCA fosse atingido em concentrações mais altas de O₂ para mirtilo (BEAUDRY et al., 1992).

A partir dos dados exibidos na Figura 5, foi estimado o K_{1/2} da taxa respiratória da couve MP. O K_{1/2} corresponde à concentração de O₂ para a

qual a taxa respiratória se reduz à metade da taxa respiratória máxima. O $K_{1/2}$ da couve minimamente processada foi obtido na concentração de 1,25% de O_2 .

A respiração em produtos frescos é controlada por reações enzimáticas catalisadas por enzima(s) alostérica(s) e regulada através de um retroinibição (Solomos, 1983, citado por LEE et al., 1991). A solubilidade e difusão do O_2 e CO_2 no tecido da planta possivelmente limitam a taxa respiratória. Com base em similaridades entre a respiração de produtos frescos e a de populações de microrganismos, LEE et al. (1991) propuseram aplicação do modelo de cinética química de Michaelis-Menten na previsão da taxa respiratória em função da concentração de O_2 .

A constante de Michaelis-Menten (K_m) é utilizada para reações enzimáticas, enquanto o $K_{1/2}$, uma aproximação do K_m , é utilizado para taxa respiratória de vegetais. Devido à dificuldade de se medir a concentração de O_2 no interior do tecido vegetal, o $K_{1/2}$ baseia-se na concentração de O_2 externo. O valor de $K_{1/2}$ tem sido empregado em equações matemáticas, para a previsão da permeabilidade de embalagens requerida no acondicionamento de frutas e hortaliças sob AM (CAMERON et al., 1995; CAMERON et al., 1994; LEE et al., 1991).

Simulou-se a exposição prolongada da couve MP a condições de anaerobiose em temperatura ambiente (Figura 6) e foi observada redução da taxa respiratória com o decorrer do tempo. Nas condições do experimento também não foi observado aumento da taxa respiratória. Após uma hora e meia exposta à anaerobiose, a taxa respiratória da couve atingiu o menor nível obtido no experimento anterior (Figuras 5 e 6).

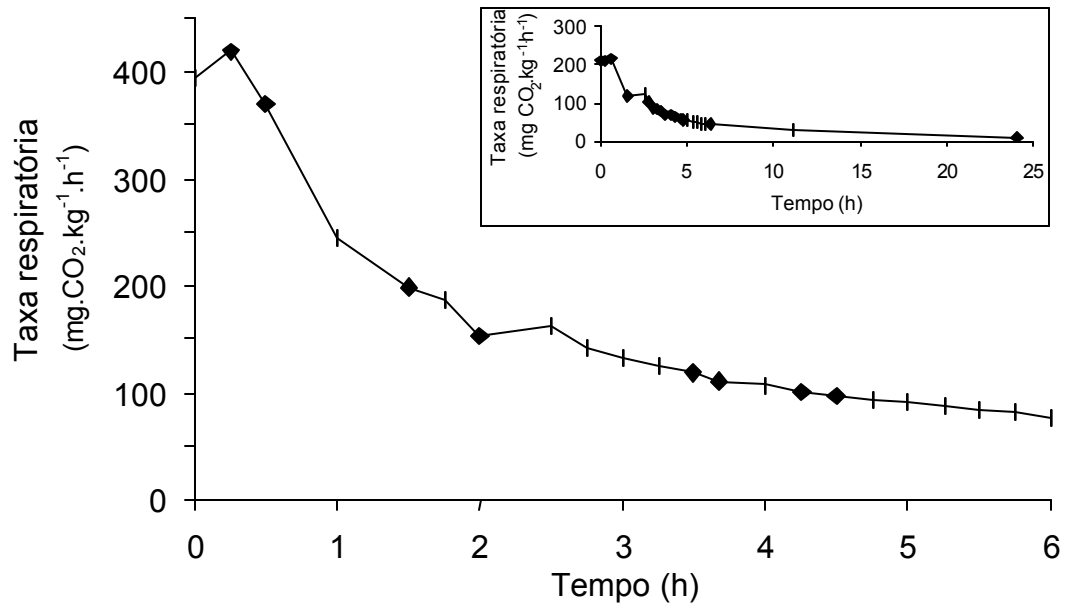


Figura 6 - Taxa respiratória de couve minimamente processada exposta a atmosfera de 100% de N_2 por um período de seis horas (média de três repetições). Detalhe mostra observações referentes a uma das repetições durante 24 horas.

A exposição prolongada a condições simuladas de anaerobiose fez com que a taxa respiratória da couve MP reduzisse (Figura 6). A exposição por seis horas à ausência de O_2 fez com que a taxa respiratória fosse cinco vezes menor do que a taxa inicial, enquanto o prolongamento desse período para 24 horas fez com que a redução fosse de 26 vezes (detalhe-Figura 6).

A couve MP, mesmo quando exposta por várias horas a condições de anaerobiose, não exibiu evidências que indiquem possível fermentação alcoólica, que seria observada pelo aumento da produção de CO_2 na respiração. Esse fato sugere que a couve pode estar realizando outra via fermentativa como forma de obtenção de energia, talvez a fermentação láctica.

Apesar de não exibir evidências de fermentação alcoólica no período experimental, a couve MP exalou odores desagradáveis quando exposta a condições de baixa concentração de O_2 (observação do autor). FORNEY e JORDAN (1999) identificaram como metanotiol o composto responsável pelo odor desagradável das Brássicas, quando expostas a condições de anaerobiose.

A diminuição da concentração de O_2 reduziu a taxa respiratória da couve MP, confirmando um dos efeitos benéficos do armazenamento sob AM, porém concentrações muito baixas de O_2 provocaram a liberação de odores desagradáveis.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

A finalidade do presente trabalho foi estudar a influência da temperatura e da concentração de oxigênio sobre a taxa respiratória da couve minimamente processada.

O aumento da temperatura influenciou significativamente a taxa respiratória da couve minimamente processada, provocando a sua elevação. O acréscimo de 10 °C na temperatura de armazenamento da couve minimamente processada provocou aumento de aproximadamente duas a duas vezes e meia na taxa respiratória. Esse efeito é evidenciado pelos parâmetros $Q_{5-15} = 2,08$ e $Q_{10-20} = 2,38$.

A energia de ativação (E_a) da taxa respiratória calculada foi de 49,62 kJ.mol⁻¹. Essa energia é superior à E_a da maioria das embalagens utilizadas no acondicionamento de produtos minimamente processados; logo, elevações de temperatura, durante o armazenamento da couve minimamente processada, provocarão redução da concentração de O₂, podendo, em casos extremos, gerar condições de anaerobiose.

A diminuição da concentração de oxigênio provocou a redução da taxa respiratória da couve minimamente processada. A diminuição da concentração de oxigênio de 21% a valores próximos a zero ocasionou redução de quatro vezes na taxa respiratória, porém, nas condições testadas, não foi exibido o ponto de compensação anaeróbica. Neste

experimento foi estimada a influência da concentração de O_2 sobre a taxa respiratória da couve minimamente processada por meio do $K_{1/2}$, que foi igual a 1,25% de O_2 .

A couve minimamente processada à temperatura ambiente, mesmo exposta por várias horas a condições de anaerobiose, não exibiu aparente fermentação alcoólica.

A partir dos resultados obtidos, conclui-se que é possível reduzir o metabolismo da couve minimamente processada por meio da redução da temperatura de armazenamento e concentração de oxigênio em torno do produto.

CAPÍTULO 2

AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE ATMOSFERA MODIFICADA PASSIVA E ATIVA DURANTE O ARMAZENAMENTO DE COUVE MINIMAMENTE PROCESSADA

1. INTRODUÇÃO

Produtos minimamente processados têm alcançado grande sucesso nos pontos de venda, por causa da sua condição de produto pronto para o consumo e do valor agregado ao produto. Os dois grandes fatores responsáveis pela manutenção do valor agregado aos produtos minimamente processados são as baixas temperaturas de armazenamento e a utilização da atmosfera modificada. Esses fatores atuam mantendo o frescor, a sanidade, as características sensoriais e promovendo as vendas (ZAGORY, 1999a).

Nem atmosfera modificada nem baixas temperaturas podem assegurar, sozinhas, a qualidade desses produtos, já que os dois fatores atuam em conjunto sobre o metabolismo (ZAGORY, 1999a).

Oxigênio e gás carbônico são moléculas biologicamente ativas que têm influência no metabolismo primário e secundário dos vegetais. A sua influência global no metabolismo dos vegetais tem levado ao uso da modificação de atmosfera com o propósito de estender a vida-de-prateleira de frutas e hortaliças frescas ou minimamente processadas (BEAUDRY, 1999).

Na modificação da atmosfera, realiza-se uma combinação entre os fatores que influenciam a permeabilidade das embalagens e a respiração do produto, com o objetivo de atingir uma atmosfera de equilíbrio ótima para a conservação do produto (DAY, 1993). O equilíbrio é atingido quando a respiração do produto consome a mesma quantidade de O_2 que entra na embalagem e a produção de CO_2 pela respiração é igual à quantidade que deixa a embalagem (ZAGORY, 1995; DAY, 1993).

Existem dois sistemas de modificação de atmosfera: atmosfera modificada passiva e atmosfera modificada ativa. No primeiro, a própria respiração do produto no interior de uma embalagem selada, semipermeável, reduz a concentração de O_2 e eleva a de CO_2 ; já na atmosfera modificada ativa, associado a esse processo, ocorre a injeção de gases imediatamente antes da selagem, para promover a alteração da concentração de O_2 e CO_2 mais rapidamente (ROBERTSON, 1993; ZAGORY, 1995).

Vários são os benefícios advindos da utilização da atmosfera modificada, os quais resultam na extensão da vida-de-prateleira de produtos vegetais. Entre eles está a retenção de cor e frescor, redução da degradação de açúcares, retardamento do amadurecimento e diminuição da produção de etileno e dos seus efeitos (DAY, 1993; KADER et al., 1998; ZAGORY, 1999b).

A modificação de atmosfera também pode promover efeitos negativos, quando no interior das embalagens são atingidas condições de anaerobiose, como alterações de textura, geração de odores desagradáveis e distúrbios fisiológicos (KAJI, 1993; KADER et al., 1998).

Os objetivos deste trabalho foram:

- Testar diferentes combinações de embalagens e atmosferas, avaliando a sua influência sobre o teor de sólidos solúveis totais e a concentração de vitamina C da couve minimamente processada.
- Estabelecer a concentração de O_2 e CO_2 no estado de equilíbrio para os sistemas de modificação de atmosfera testados.
- Selecionar, dentre os 15 diferentes sistemas de modificação de atmosfera testados, os dois melhores, para posterior avaliação de seus efeitos na conservação da couve minimamente processada.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Matéria-prima

Plantas de couve da variedade popularmente conhecida como “mineira”, propagadas vegetativamente e cultivadas na horta da Universidade Federal de Viçosa, tiveram suas folhas colhidas com aproximadamente 35 a 40 cm de comprimento (MEDINA, 1991). As folhas colhidas foram imediatamente levadas ao laboratório, colocadas em bandejas com o pecíolo imerso em água e armazenadas por um período de 8 a 14 horas em câmara fria a 7 ± 1 °C, até seu processamento (CARNELOSSI, 2000).

2.2 Processamento mínimo

A couve foi processada conforme descrito em Material e Métodos do capítulo 1.

2.3 Acondicionamento e armazenamento

A couve minimamente processada foi acondicionada em diferentes combinações de embalagem e atmosferas e armazenada em expositor vertical com ventilação forçada, à temperatura de 5 °C.

A injeção de misturas de gases, nos tratamentos com modificação ativa de atmosfera, foi realizada em uma seladora (Selovac) após a formação de vácuo parcial na embalagem. Foram injetadas misturas de gases comerciais para alimentos, balanceadas com N₂.

Nos tratamentos com modificação passiva de atmosfera, à exceção daqueles em que se utilizou policloreto de vinila, foi injetado ar sintético (20% de O₂, 0% de CO₂ e 79% de N₂) para manter o mesmo volume de espaço livre das embalagens com modificação ativa de atmosfera.

Nos tratamentos com policloreto de vinila, foi utilizada uma seladora comercial para envolver as bandejas e termossoldar o filme de PVC abaixo da bandeja. Nesses tratamentos, foi utilizada a modificação passiva de atmosfera, sendo usado o próprio ar atmosférico.

Foram feitos três experimentos distintos (Quadro 1), que são descritos a seguir.

2.3.1 Primeiro experimento

No primeiro experimento (Quadro 1), 100 g de couve minimamente processada foram acondicionados em sete diferentes combinações de embalagem e gases: polietileno de baixa densidade (PEBD) de 30 µm, com atmosfera modificada passiva; polietileno de baixa densidade de 30 µm, com atmosfera modificada ativa (10% de O₂ / 5% de CO₂); polietileno de baixa densidade de 30 µm, com oito perfurações de agulha, totalizando 0,055 cm² de área de perfuração; polietileno de baixa densidade de 65 µm, com atmosfera modificada passiva; polietileno de baixa densidade de 65 µm, com atmosfera modificada ativa (10% de O₂ / 5% de CO₂); polietileno de baixa

densidade de 65 μm , com oito perfurações de agulha, totalizando 0,055 cm^2 de área de perfuração; e bandeja de poliestireno (PS) envolvida com filme de policloreto de vinila (PVC) de 15 μm .

Foram acondicionados 100 g de couve minimamente processada em todos os tratamentos com PEBD e 60 g no tratamento de PVC, devido à menor capacidade das bandejas.

As características de permeabilidade aos gases e dimensões dos filmes e bandejas são apresentadas na Tabela 2.

2.3.2 Segundo experimento

No segundo experimento (Quadro 1), 100 g de couve minimamente processada foram acondicionados em três diferentes combinações de embalagem e gases: poliolefina multicamadas de 21 μm , com atmosfera modificada passiva; poliolefina multicamadas de 21 μm , com atmosfera modificada ativa (10% de O_2 / 5% de CO_2) e polietileno de baixa densidade de 25 μm , com atmosfera modificada passiva. As características dos filmes utilizados são apresentadas na Tabela 2.

2.3.3 Terceiro experimento

No terceiro experimento (Quadro 1), 100 g de couve minimamente processada foram acondicionados em seis diferentes combinações embalagens x gases: poliolefina multicamadas de 21 μm com atmosfera modificada ativa (5% de O_2 / 15% de CO_2 ; 0% de O_2 / 5% de CO_2 ; e vácuo parcial); polietileno de baixa densidade de 50 μm , com três e cinco perfurações de agulha, totalizando 0,006 e 0,010 cm^2 de área de perfuração, respectivamente; e bandejas de poliestireno expandido envolta por policloreto de vinila de 15 μm .

As características dos filmes utilizados são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Características de permeabilidade a gases e dimensões das embalagens utilizadas no acondicionamento de couve minimamente processada

Tipo	Espessura (μm)	Dimensões (cm)	Permeabilidade média a 25 °C e 1 atm ($\text{cm}^3(\text{CNTP})/\text{m}^2/\text{dia}$)	
			TP O ₂	TP CO ₂
Poliolefina	21	18 x 25	9.745	28.766
PEBD^b	25	18 x 25	8.576	43.383
PEBD	30	18 x 25	7.417	23.819
PEBD	50	18 x 25	4.211	17.808
PEBD	65	18 x 25	3.013	11.985
PVC^c	15	-	10.255	73.610
PS^d	-	12 x 16 x 6	-	-
PSE^e	-	27 x 15,5 x 4	-	-

^a Filme de poliolefina multicamadas.

^b Filme de polietileno de baixa densidade.

^c Filme de policloreto de vinila.

^d Bandeja de poliestireno.

^e Bandeja de poliestireno expandido.

Quadro 1: Resumo dos tratamentos realizados de modificação de atmosfera para a conservação de couve minimamente processada.

Experimento	Filme	Espessura (μm)	Número de Perfurações	Atmosfera	Mistura Gasosa (%)
1 ^o	PEBD ^a	30	—	Passiva	Ar sintético ^f
	PEBD	30	—	Ativa	10 % O ₂ / 5 %CO ₂
	PEBD	65	—	Passiva	Ar sintético
	PEBD	65	—	Ativa	10 % O ₂ / 5 %CO ₂
	PEBD	30	8	Passiva	Ar sintético
	PEBD	65	8	Passiva	Ar sintético
	PVC ^b / PS ^c	15	—	Passiva	Ar atmosférico
2 ^o	Poliolefina ^d	21	—	Passiva	Ar sintético
	Poliolefina	21	—	Ativa	10 % O ₂ / 5 %CO ₂
	PEBD	25	—	Passiva	Ar sintético
3 ^o	Poliolefina	21	—	Ativa	5 % O ₂ / 15 %CO ₂
	Poliolefina	21	—	Ativa	0 % O ₂ / 5 %CO ₂
	Poliolefina	21	—	Ativa	Vácuo Parcial
	PEBD	50	3	Passiva	Ar sintético
	PEBD	50	5	Passiva	Ar sintético
	PVC ^b / PSE ^e	15	—	Passiva	Ar atmosférico

^a Filme de polietileno de baixa densidade.

^b Filme de policloreto de vinila.

^c Bandeja de poliestireno.

^d Filme de poliolefina multicamadas.

^e Bandeja de poliestireno expandido.

^f 20 % de O₂ + 0 % de CO₂ + 79 % de N₂

2.4 Concentração de Gases no Interior da Embalagem

As análises de oxigênio e gás carbônico foram realizadas aos 0, 1, 2, 3, 4, 7, 9, 12 e 14 dias de armazenamento.

Para análise da concentração de CO_2 no interior das embalagens, foram coletadas, em seringas plásticas de insulina, alíquotas de 1,0 mL da atmosfera no espaço livre das embalagens. A amostragem foi feita introduzindo-se a agulha da seringa nas embalagens através de septos, confeccionados com cola de silicone, filme de polietileno tereftalato (PET) e fita adesiva dupla-face (Figura 7), aderidos à superfície das embalagens.

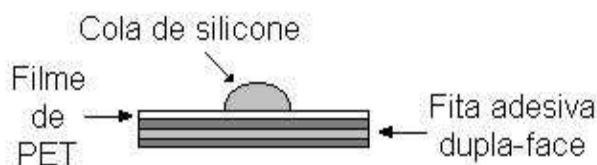


Figura 7 - Esquema do septo utilizado para amostragem de gases no interior do espaço livre das embalagens.

A concentração de CO_2 foi quantificada por cromatografia gasosa. Utilizou-se um cromatógrafo Shimadzu® (GC-14 B), equipado com coluna Porapak-Q de 1 m de comprimento e detector de condutividade térmica. Utilizou-se corrente elétrica de 85 mA e as temperaturas de 60, 100 e 140 °C para coluna, injetor e detector, respectivamente. A identificação e quantificação da concentração de CO_2 foram obtidas pela comparação das áreas obtidas nos cromatogramas das amostras com as áreas obtidas com padrões de 5,14 e 14,82% de CO_2 .

A concentração do O_2 (%) do espaço livre das embalagens foi obtida a partir de alíquotas de 5 mL de gases e determinada com o uso de um analisador de O_2 , MOCON® (HS 750).

2.5 Vitamina C

As concentrações de vitamina C foram determinadas de acordo a metodologia propostas pela American Official Analysis of Chemistry (AOAC 39.051) com adaptações (CARNELOSSI, 2000), aos 0, 7 e 14 dias de armazenamento.

Amostras de 10 g de material fresco foram maceradas em almofariz, contendo nitrogênio líquido. Após a maceração, a amostra foi suspensa em uma solução de extração, filtrada em gaze e o volume completado, com solução de extração, para 50 mL em balão volumétrico. A titulação da amostra foi feita transferindo-se 7,0 mL desta para um erlenmeyer, titulando-se rapidamente com 2,6 diclorofenolindofenol, até a viragem para a coloração rósea.

A solução de extração foi obtida pela dissolução de 68,18 mg de ácido metafosfórico (HPO_3)_n em 40 mL de ácido acético glacial e 200 mL de água destilada. O volume foi completado com água até 500 mL, e a solução, filtrada rapidamente.

Na titulação utilizou-se uma solução de 2,6 diclorofenolindofenol (DCPIP), que foi preparada adicionando-se 50 mg de sal sódio DCPIP em 50 mL de água destilada, contendo 42 mg de NaHCO_3 .

Preparou-se uma solução-padrão de vitamina C, na qual 50 mg de ácido ascórbico foram dissolvidos em 10 mL de solução de extração. A solução foi transferida para um balão volumétrico de 50 mL e teve o seu volume completado com a solução de extração.

A padronização da solução de ácido ascórbico com DCPIP foi realizada transferindo-se uma alíquota de 2,0 mL de padrão de ácido ascórbico para um erlenmeyer de 50 mL, contendo 5,0 mL de solução de extração. A titulação foi feita rapidamente até que ocorresse a viragem de incolor para coloração rósea clara por tempo igual ou superior a cinco segundos. Foram realizadas titulações de três brancos contendo 7,0 mL de solução de extração.

2.6 Sólidos solúveis totais

O teor de sólidos solúveis totais (°Brix) foi determinado em um refratômetro de Abbé de mesa, a partir de 1 mL do suco celular de couve minimamente processada, extraído com o auxílio de uma prensa manual. As medições foram feitas aos 0, 7 e 14 dias de armazenamento.

2.7 Delineamento Experimental

Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado (DIC) com parcelas subdividas no tempo, com três repetições e três tempos de avaliação (0, 7 e 14 dias), para análise de sólidos solúveis e vitamina C, e nove tempos de avaliação, para O₂ e CO₂. A avaliação no tempo zero foi realizada logo após o processamento. Foram feitos três experimentos distintos, já descritos (Quadro 1).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Efeito de sistemas de atmosfera modificada (AM) ativa e passiva sobre a evolução da concentração de O₂ e CO₂ no espaço livre das embalagens

Os resultados obtidos foram agrupados segundo a permeabilidade das embalagens a O₂ e CO₂. Assim, os resultados apresentados em um mesmo gráfico podem ter sido obtidos em experimentos distintos. Para maior concisão do texto, a embalagem de poliolefina multicamadas será referida apenas como embalagem de poliolefina.

Na embalagem de poliolefina com AM passiva, a concentração de O₂ diminuiu rapidamente até o quarto dia (Figura 8), quando atingiu o estado de equilíbrio em aproximadamente 4,0%. Neste tratamento, a concentração de CO₂ elevou-se rapidamente de 0 para 5,1% ao final do primeiro dia. O estado de equilíbrio foi atingido no terceiro dia, a partir do qual a concentração se manteve entre 3,0 e 4,0% de CO₂. O rápido decréscimo da concentração de O₂ e o acréscimo na de CO₂, nos primeiros dias de armazenamento, evidenciam elevada taxa respiratória da couve MP (Figura 8).

No sistema de AM ativa com a injeção de 0% de O₂ / 5% de CO₂, a concentração de O₂ se elevou lentamente de 0,17 até 3,1% no terceiro dia. A

concentração de CO_2 atingiu o estado de equilíbrio no terceiro dia, quando se manteve próxima a 2,9% (Figura 8). A elevação da concentração de O_2 e a redução na de CO_2 , nos três primeiros dias, evidenciam que a taxa respiratória da couve foi reduzida devido à supressão de O_2 nos instantes iniciais após o acondicionamento. Neste sistema, a permeabilidade da embalagem permitiu a passagem de O_2 em quantidades superiores à demanda da respiração da couve MP, permitindo o acúmulo do excedente no interior da embalagem.

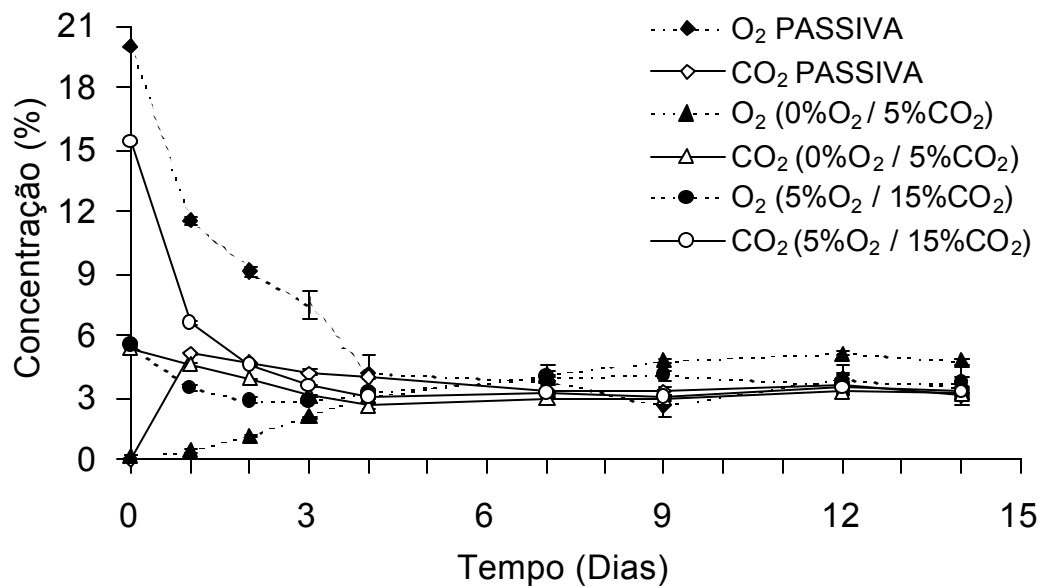


Figura 8 - Concentração de O_2 e CO_2 em embalagem de poliolefina multicamadas, submetida a diferentes modificações de atmosfera, contendo couve minimamente processada, durante o seu armazenamento a 5 °C. Barras verticais representam o erro-padrão da média.

No sistema de AM ativa com a injeção de 5% de O_2 / 15% de CO_2 , ocorreu ligeiro decréscimo na concentração de O_2 , que reduziu de 5 para 2,9% no terceiro dia (Figura 8). Neste sistema, a concentração de CO_2 decresceu rapidamente de 15 para 6% no primeiro dia. Essa rápida redução foi ocasionada pela permeabilidade da embalagem de poliolefina a CO_2 , que, ao ser submetida a elevado gradiente de concentração, permitiu a rápida passagem deste gás. O estado de equilíbrio para CO_2 neste sistema

de modificação de atmosfera foi atingido no terceiro dia, a partir do qual a concentração de CO_2 se manteve em aproximadamente 3,3% (Figura 8).

No tratamento com vácuo (Figura 9), o rápido decréscimo na concentração de O_2 e a elevação na concentração de CO_2 , no primeiro dia, foram ocasionados pelo pequeno volume de gás no interior da embalagem. A concentração de 3,1% de O_2 atingida no primeiro dia manteve-se estável neste nível até o nono dia, a partir do qual diminuiu até 1,5% no décimo quarto dia. A concentração de CO_2 atingiu o estado de equilíbrio próximo a 4% de CO_2 .

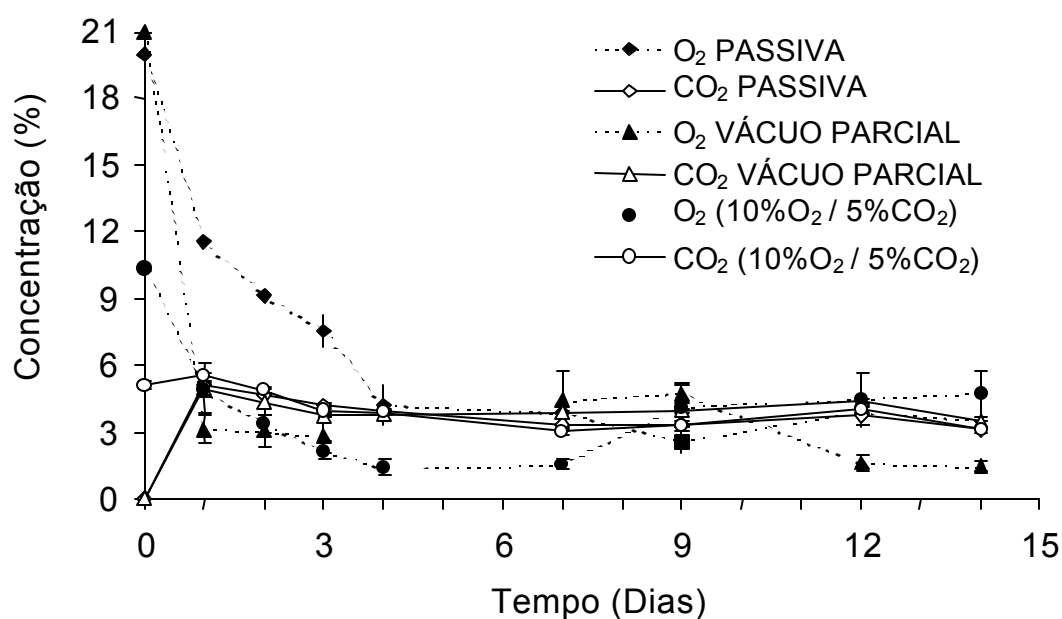


Figura 9 - Concentração de O_2 e CO_2 em embalagem de poliolefina multicamadas, submetida a diferentes modificações de atmosfera, contendo couve minimamente processada, durante o seu armazenamento a 5 °C. Barras verticais representam o erro-padrão da média.

O estado de equilíbrio para O_2 e CO_2 na embalagem de poliolefina a vácuo foi atingido mais rapidamente do que no sistema de poliolefina com modificação passiva de atmosfera, porém as concentrações atingidas foram similares (Figura 9).

Na embalagem de poliolefina com AM ativa, com a injeção de 10% de O_2 / 5% de CO_2 (Figura 9), a concentração de O_2 diminuiu até o quarto dia, quando atingiu a concentração de 1,4%. O estado de equilíbrio só foi

atingido no nono dia. A concentração de CO_2 atingiu o equilíbrio no terceiro, quando a concentração manteve-se entre 3 e 4%. Este sistema de modificação de atmosfera permitiu o desenvolvimento de elevada taxa respiratória da couve MP.

No sistema de polietileno baixa de densidade (PEBD) com modificação de atmosfera passiva com oito perfurações (Figura 10), a concentração de O_2 manteve-se na faixa de 18 a 19%, independentemente da espessura do filme.

A concentração de CO_2 se manteve entre 2 e 3% no sistema de PEBD com espessura de 30 μm (Figura 10), e no PEBD com 65 μm a concentração de CO_2 equilibrou entre 3 e 5%.

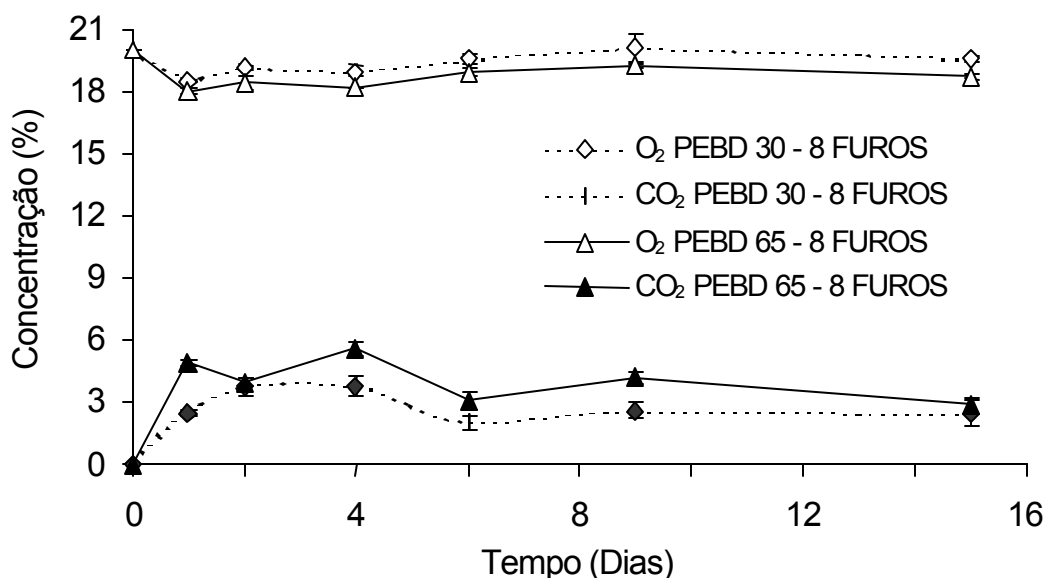


Figura 10 - Concentração de O_2 e CO_2 em embalagens de polietileno de baixa densidade (PEBD) de 30 e 65 μm de espessura com oito perfurações ($0,055 \text{ cm}^2$), contendo couve minimamente processada armazenada a 5°C . Barras verticais representam o erro-padrão da média.

No sistema de modificação passiva da atmosfera, utilizando PEBD de 50 μm (Figura 11), não houve diferença entre as concentrações de O_2 e CO_2 obtidas, independentemente do número de furos. O estado de equilíbrio foi atingido no segundo dia, e as concentrações de O_2 e CO_2 mantiveram-se em

16 e 4,5%, respectivamente. Esses resultados confirmam a afirmação de que, em embalagens com perfurações, a quantidade de O_2 que entra na embalagem é igual à de CO_2 que sai (BEAUDRY, 1999); logo, a geração de uma atmosfera com 16% de O_2 corresponderia a uma concentração de 4% de CO_2 .

As embalagens PEBD com perfurações não promoveram modificação de atmosfera suficiente para inibir o metabolismo da couve minimamente processada (Figuras 10 e 11), pois a concentração de O_2 foi muito elevada.

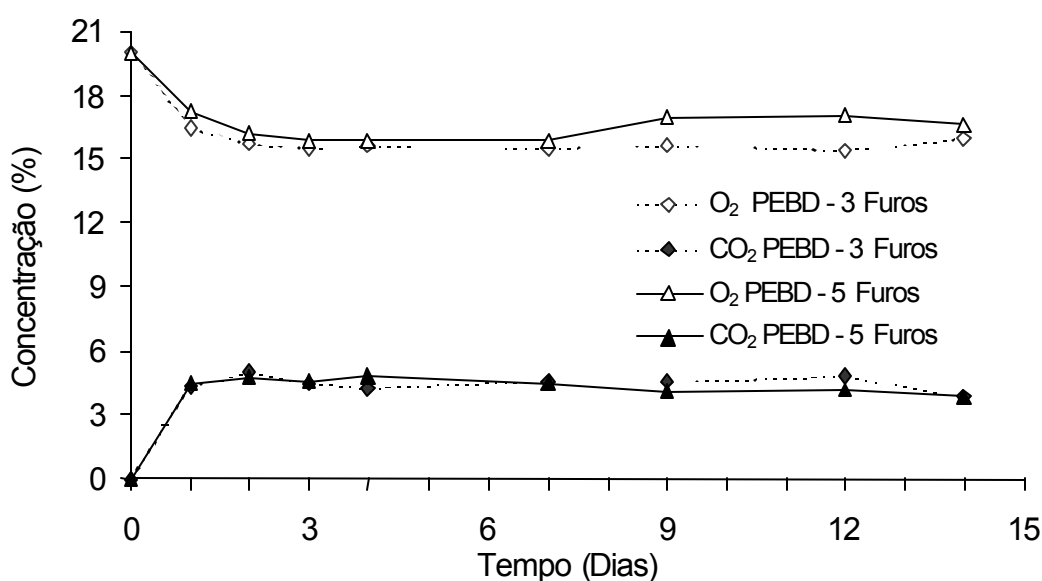


Figura 11 - Concentração de O_2 e CO_2 em embalagens de polietileno de baixa densidade (PEBD) com 50 μm de espessura, com três (0,006 cm^2) e cinco (0,010 cm^2) perfurações, contendo couve minimamente processada, armazenada a 5 $^{\circ}C$. Barras verticais representam o erro-padrão da média.

Em embalagens microperfuradas, a troca de gases ocorre através da difusão pelas perfurações, enquanto no filme íntegro as trocas são realizadas por permeação. A utilização de embalagens microperfuradas tem sido empregada para a modificação de atmosfera em produtos vegetais minimamente processados, como artifício para aumentar a permeabilidade a gases das embalagens (EXAMA et al., 1993). Entretanto, embalagens microperfuradas são mais sensíveis a variações de temperatura, pois o

aumento da difusão, com o aumento da temperatura, é menor do que o aumento na permeação (CAMERON, 1994).

Na Figura 12, observa-se que nos sistemas de modificação de atmosfera passiva com embalagens de PEBD de diferentes espessuras, as concentrações de O_2 atingiram valores muito baixos, devido à baixa permeabilidade desses filmes. A evolução da concentração de O_2 nas embalagens de PEBD de 25 e 30 μm com AM passiva teve o mesmo comportamento (Figura 12). O O_2 decresceu rapidamente até o quarto dia, quando atingiu a concentração 0,4% nas duas embalagens. Após o quarto dia, a concentração manteve-se em níveis inferiores a 0,8%.

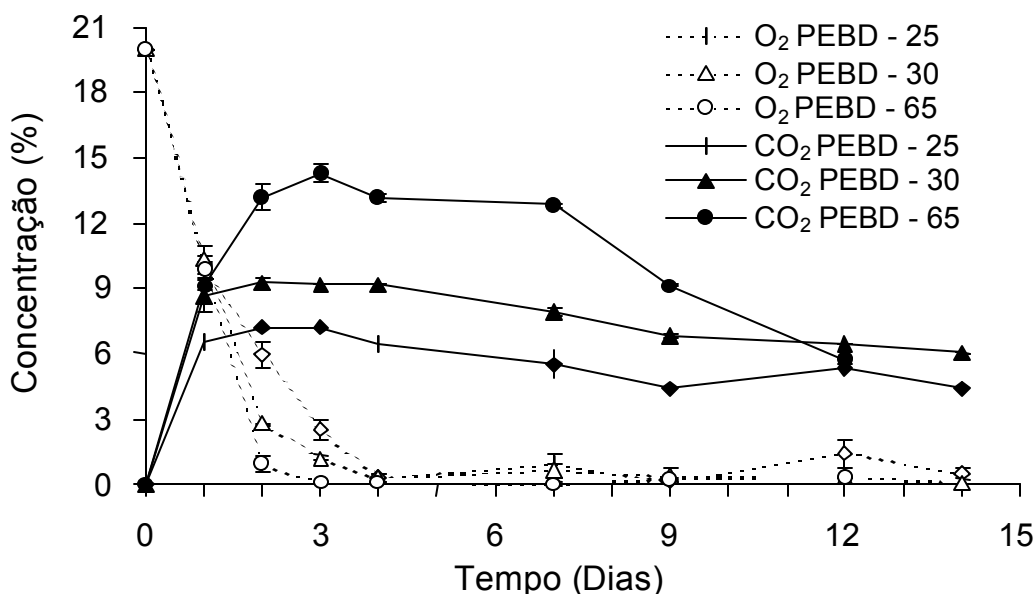


Figura 12 - Concentração de O_2 e CO_2 em embalagens de polietileno de baixa densidade (PEBD) com 25, 30 e 65 μm de espessura, contendo couve minimamente processada, armazenada a 5 °C sob AM passiva. Barras verticais representam o erro-padrão da média.

A concentração de CO_2 elevou-se rapidamente até o segundo dia, atingindo concentrações de 7,3 e 9,3% de CO_2 nas embalagens de PEBD de 25 e 30 μm , respectivamente (Figura 12). A partir do segundo dia houve ligeiro decréscimo na concentração de CO_2 para as embalagens de ambas as espessuras.

Na embalagem de PEBD de 65 μm , com modificação passiva de atmosfera, a concentração de oxigênio caiu rapidamente até atingir 0% no terceiro dia (Figura 12) e manteve-se em níveis inferiores a 0,3% durante todo o experimento. Nessas embalagens, a concentração de CO_2 atingiu níveis extremamente altos; no segundo dia, a concentração atingiu 14% e manteve-se nesta faixa até o sétimo dia, quando a concentração de CO_2 começou a reduzir. Nesta embalagem, a couve, já no quarto dia, exibia a aparência de adiantado estado de senescência, que pode ter sido ocasionado pela exposição às baixas concentrações de O_2 e às elevadíssimas concentrações de CO_2 .

A permeabilidade ao oxigênio do filme de PEBD nas três espessuras utilizadas (Figura 12) não permitiu adequada permeação para suprir a elevada demanda da taxa respiratória da couve.

Os sistemas de modificação de atmosfera ativa, utilizando embalagens de PEBD de 30 e 65 μm com injeção de uma mistura de gás contendo 10% de O_2 / 5% de CO_2 (Figura 13), teve seu comportamento semelhante ao sistema que utilizou o mesmo tipo de embalagem com modificação de atmosfera passiva.

Os sistemas que utilizaram PEBD de 30 e 65 μm , independentemente do tipo de modificação de atmosfera, foram inadequados à conservação da couve MP, em razão da baixa permeabilidade das embalagens. Nos tratamentos em que se utilizaram esses filmes para o armazenamento da couve minimamente processada ocorreram: produção de odores desagradáveis, perda de textura e exsudação de líquido intracelular do produto. Essas alterações sensoriais podem ter sido desencadeadas pelas baixas concentrações de O_2 e altas concentrações de CO_2 verificadas (Figuras 12 e 13), que promovem alterações fisiológicas, como a fermentação e a produção de compostos sulfurosos.

KAJI et al. (1993) observaram que o repolho MP, quando exposto à concentração de 1,6% de O_2 / 9,1% de CO_2 , durante o seu armazenamento a 5 °C sob AM, também exalou odores desagradáveis após quatro dias de armazenamento.

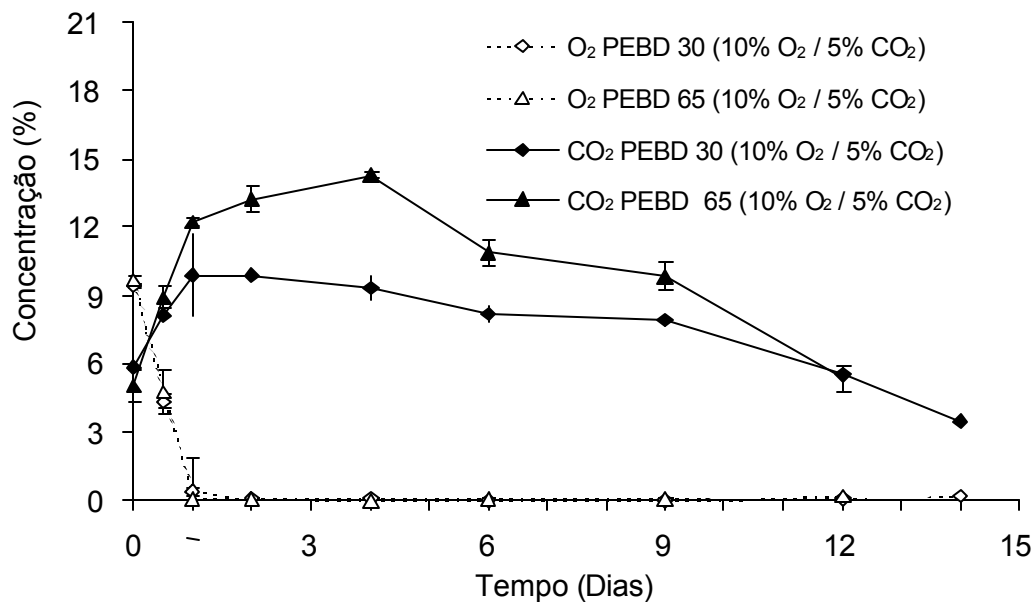


Figura 13 - Concentração de O₂ e CO₂ em embalagens de polietileno de baixa densidade (PEBD) com 30 e 65 µm de espessura, contendo couve minimamente processada, armazenada a 5 °C e submetida AM ativa (10% de O₂ / 5% de CO₂). Barras verticais representam o erro-padrão da média.

Observa-se, no sistema PVC com 60 g, que a concentração de O₂ reduziu rapidamente até o quarto dia, quando atingiu 1,5% (Figura 14). A concentração de CO₂ aumentou rapidamente até o primeiro dia, quando atingiu o estado de equilíbrio em 5,5%.

O sistema de PVC contendo 100 g de couve MP não foi eficiente na modificação de atmosfera, comportando-se como uma embalagem perfurada (Figuras 10, 11 e 14). Esse sistema, por conter maior massa de couve MP, deveria ter apresentado níveis de O₂ inferiores ao do primeiro. Esse comportamento errático foi ocasionado pela pequena área de recobrimento do filme na bandeja de maior dimensão, que não permitiu adequada vedação.

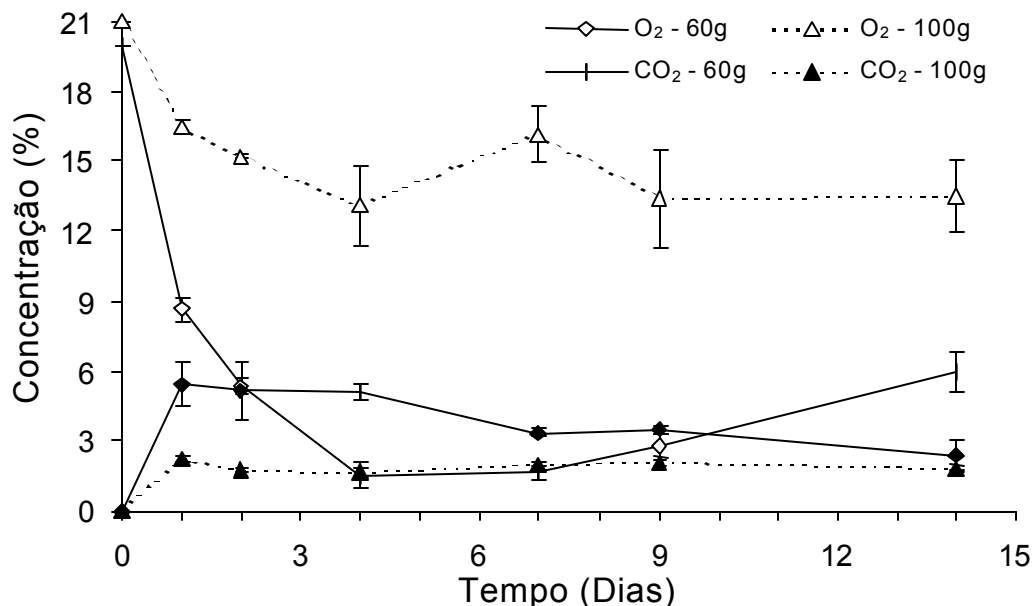


Figura 14 - Concentração de O₂ e CO₂ em bandejas envoltas em filme de policloreto de vinila (PVC) de 15 µm de espessura, contendo 60 ou 100 g de couve minimamente processada, armazenada a 5 °C. Barras verticais representam o erro-padrão da média.

Comparando os sistemas utilizados, verificou-se que a concentração de O₂ e CO₂ no estado de equilíbrio para a embalagem de poliolefina testada foi atingida em concentração próxima, independentemente do sistema de modificação de atmosfera utilizado (Figuras 8 e 9), variando apenas a velocidade com que esse estado foi atingido. Segundo ZAGORY (1995) a concentração de gases no estado de equilíbrio será igual, independentemente do sistema de modificação de atmosfera utilizado.

Nas embalagens perfuradas, a permeabilidade dos filmes e as áreas de perfuração testadas tiveram pequena influência na modificação de atmosfera, para sistemas com perfurações.

A utilização de perfurações nos filmes de baixa permeabilidade não permitiu o desenvolvimento de condições de anaerobiose (Figuras 10 e 11). A utilização de perfurações, em embalagens com baixa permeabilidade é um artifício utilizado pelas indústrias de minimamente processado para aumentar a troca de gases entre o interior da embalagem e o ambiente (ZAGORY, 1995). Nesses sistemas, os benefícios da modificação de

atmosfera serão pequenos, devido às altas concentrações de oxigênio. De acordo com ZAGORY (1999a), os benefícios advindos da utilização da AM só são conseguidos em concentrações de O_2 inferiores a 10%.

A embalagem de PVC vedada sobre a menor bandeja foi eficiente na modificação da atmosfera, porém nas embalagens maiores, em razão da pequena área de recobrimento do filme, a vedação foi deficiente, ocasionando modificação de atmosfera semelhante à verificada naquelas em que se utilizou PEBD com perfurações (Figura 14). GERALDINE (2000), armazenando 200 g de alho MP em temperatura ambiente, observou concentrações de 2% de O_2 e 3 a 5% de CO_2 no estado de equilíbrio quando foi utilizado filme de PVC de mesma permeabilidade, evidenciando que na embalagem contendo 100 g de couve não ocorreu adequada vedação. Sugere-se que, em futuros trabalhos ou mesmo para o uso comercial, sejam empregadas embalagens com maior profundidade e menores dimensões do que as utilizadas.

As embalagens de PEBD de 30 e 65 μm (Figuras 12 e 13) foram inadequadas para a conservação da couve MP, devido à sua baixa permeabilidade, gerando concentrações de O_2 e CO_2 , que foram agravadas pela atmosfera modificada ativa. A atmosfera verificada no interior desses sistemas ocasionou alterações sensoriais desagradáveis no produto (observações do autor). LÓPEZ-GÁLVEZ et al. (1997) também observaram desenvolvimento de odores desagradáveis, quando saladas MP foram submetidas a baixas concentrações de O_2 e altas de CO_2 durante o seu armazenamento, sendo este um dos principais defeitos observados.

As embalagens de PEBD de 25 μm geraram níveis de O_2 bastante baixos e, por isso, não devem ser utilizadas, apesar de não terem causado distúrbios fisiológicos na couve. Outro problema dessa embalagem é que, em razão da sua pequena espessura, ela facilmente se rompe.

Observando os experimentos realizados, verifica-se que o estado de equilíbrio foi influenciado principalmente pela permeabilidade do filme e que embalagens de mesma permeabilidade atingiram o estado de equilíbrio para as mesmas concentrações de O_2 e CO_2 , independentemente da injeção de gases.

3.2 Efeito de sistemas de atmosfera modificada ativa e passiva sobre a concentração de vitamina C em couve minimamente processada

A conservação da couve MP no sistema de poliolefina sob AM ativa de 0% de O₂ / 5% de CO₂ permitiu a manutenção dos seus teores de vitamina C (Figura 15). Nesse sistema, após 14 dias de armazenamento a couve mantinha 94% do seu teor original. A utilização de atmosfera controlada permite a manutenção dos teores de vitamina C durante a estocagem de produtos MP (KADER, 1986).

No sistema de AM ativa a vácuo e com 5% de O₂ / 15% de CO₂, a couve MP manteve 80% do seu teor inicial após 14 dias de armazenamento. A AM ativa contendo 10% de O₂ / 5% de CO₂ teve o pior desempenho dentre os sistemas de AM ativa que utilizaram a embalagem de poliolefina, mantendo apenas 67% do seu teor original após 14 dias (Figura 15). A embalagem de poliolefina no sistema de AM passiva no experimento realizado teve comportamento atípico, não-explicável. Ainda na Figura 15, observa-se grande variação do teor de vitamina C entre os tratamentos no tempo zero, fato ocasionado pela variação da matéria-prima, colhida em épocas diferentes.

CARNELOSSI (2000), utilizando a mesma embalagem de poliolefina, com modificação passiva de atmosfera, para armazenar couve MP a 5 °C, observou que a concentração de vitamina C no quinto dia de armazenamento correspondia a aproximadamente 65% da concentração inicial e que a perda de vitamina C foi menor quando se armazenou a couve a 1 °C .

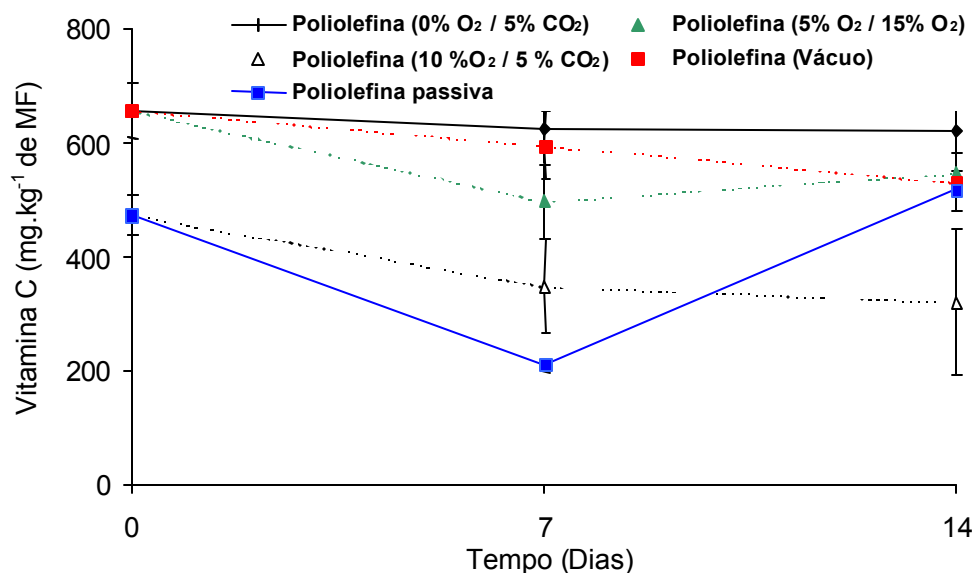


Figura 15 - Concentração de vitamina C em couve minimamente processada, armazenada a 5 °C sob diferentes sistemas de modificação de atmosfera, em embalagens de poliolefina multicamadas. Barras verticais representam o erro-padrão da média.

No sistema de AM utilizando embalagens de PEBD de 65 μm ocorreu grande perda de vitamina C (Figura 16). A couve MP armazenada nessas embalagens teve sua concentração reduzida a menos de 30% da concentração inicial, tanto na AM passiva quanto na ativa. No sistema de AM ativa utilizando PEBD de 30 μm , a concentração de vitamina após 14 dias foi inferior a 30% da concentração inicial.

Na Figura 16 pode-se observar que a embalagem de PEBD de 30 μm sob atmosfera passiva manteve 65% do seu teor inicial após 14 dias.

No sistema de modificação de atmosfera de PEBD de 50 μm com três e cinco furos (Figura 17), a concentração de vitamina C após 14 dias se manteve próxima de 80% da concentração inicial. A couve armazenada no PEBD de 30 e 65 μm teve grande perda de vitamina C, conservando apenas 30% do teor inicial (Figura 17). A perda de vitamina C durante o armazenamento também foi verificada para couve MP em outros trabalhos (BEAULIEU, 1997; CARNELOSSI, 2000).

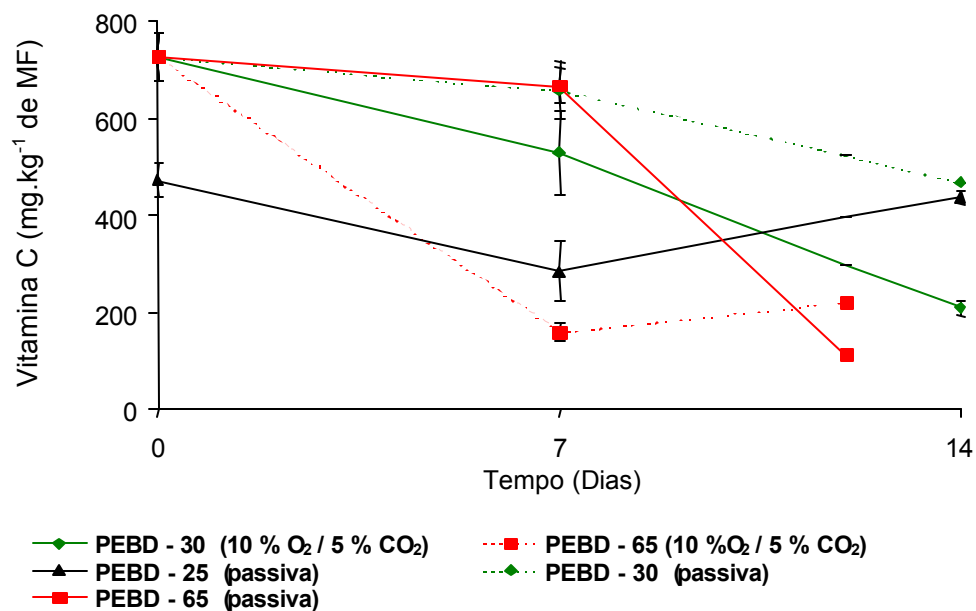


Figura 16 - Concentração de vitamina C em couve minimamente processada, armazenada a 5 °C sob diferentes sistemas de modificação de atmosfera, em embalagens de PEBD com espessura de 25, 30 e 65 µm. Barras verticais representam o erro-padrão da média.

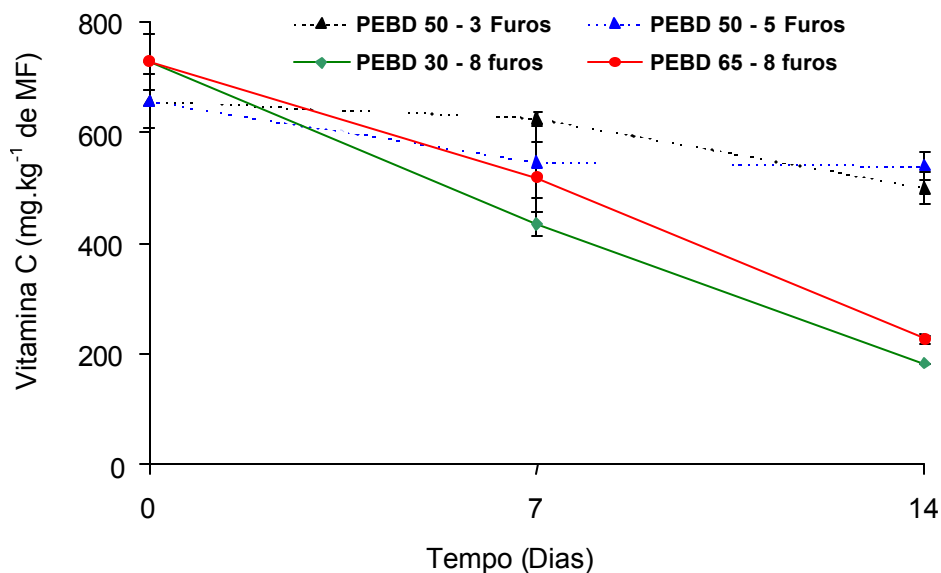


Figura 17 - Concentração de vitamina C em couve minimamente processada, armazenada a 5 °C em embalagens de PEBD 50 µm com três (0,006 cm²) e cinco furos (0,010 cm²) e PEBD de 30 e 65 µm com oito furos (0,055 cm²). Barras verticais representam o erro-padrão da média.

A couve MP, quando armazenada em embalagens de PVC no sistema contendo 100 g (Figura 18), manteve 90% da sua concentração inicial de vitamina C após 14 dias de armazenamento e 75% no sistema contendo 60 g.

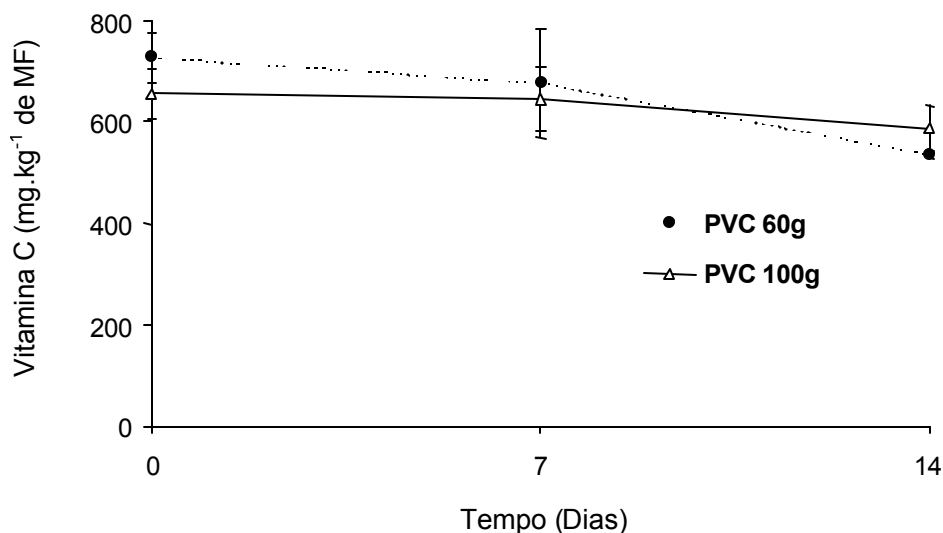


Figura 18 - Concentração de vitamina C em couve minimamente processada, armazenada a 5 °C em embalagens de PVC com 60 ou 100 g de couve. Barras verticais representam o erro-padrão da média.

Os efeitos negativos das condições de anaerobiose, baixas concentrações de O_2 e altas concentrações de CO_2 refletiram-se na concentração de vitamina C. Nas embalagens pouco permeáveis, verificou-se grande degradação da vitamina C (Figura 16), que foi agravada pela AM ativa, a qual acelerou a queda da concentração de O_2 (Figuras 12 e 13).

No sistema de modificação de atmosfera passiva usando PEBD de 30 e 65 μm perfurada houve grande perda de vitamina C (Figura 17). Nesse sistema, as concentrações de O_2 e CO_2 foram próximas às do ar atmosférico (Figura 10), o que permite que a couve minimamente processada mantenha o seu metabolismo acelerado.

3.3 Efeito de sistemas de atmosfera modificada ativa e passiva sobre a concentração de sólidos solúveis totais em couve minimamente processada

A couve minimamente processada, quando armazenada nas embalagens de poliolefina (Figura 19), com exceção do tratamento com modificação passiva, manteve a concentração de sólidos solúveis próxima à inicial. Observa-se que, semelhantemente à concentração de vitamina C (Figuras 16 e 17), a matéria-prima teve grande influência sobre o teor inicial de vitamina C.

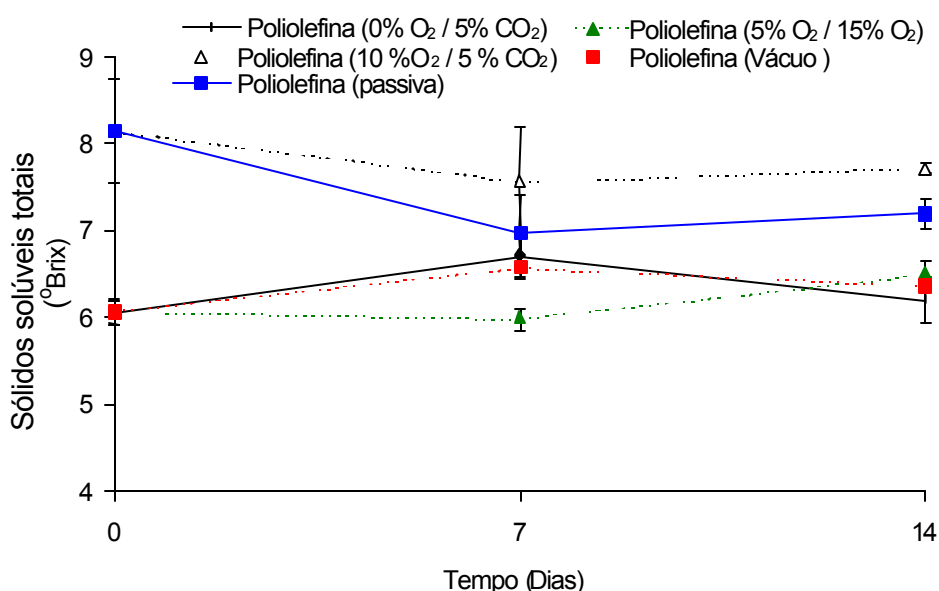


Figura 19 - Concentração de sólidos solúveis totais em couve minimamente processada, armazenada a 5 °C sob diferentes sistemas de modificação de atmosfera, em embalagens de poliolefina. Barras verticais representam o erro-padrão da média.

A couve MP, conservada nas embalagens de PEBD de 30 µm sob modificação passiva de atmosfera, manteve concentração de sólidos solúveis totais próxima à do nível inicial (Figura 20), enquanto na embalagem de PEBD de 25 µm verificou-se pequena redução. Após o sétimo dia de armazenamento, verificou-se grande perda de sólidos solúveis totais na couve armazenada nas embalagens de PEBD de 65 µm

(Figura 20), possivelmente devido a distúrbios fisiológicos. O problema foi agravado pela injeção de gases na AM ativa, que provocou exudação de líquidos celulares, alterações de textura e produção de odores indesejáveis (observações do autor).

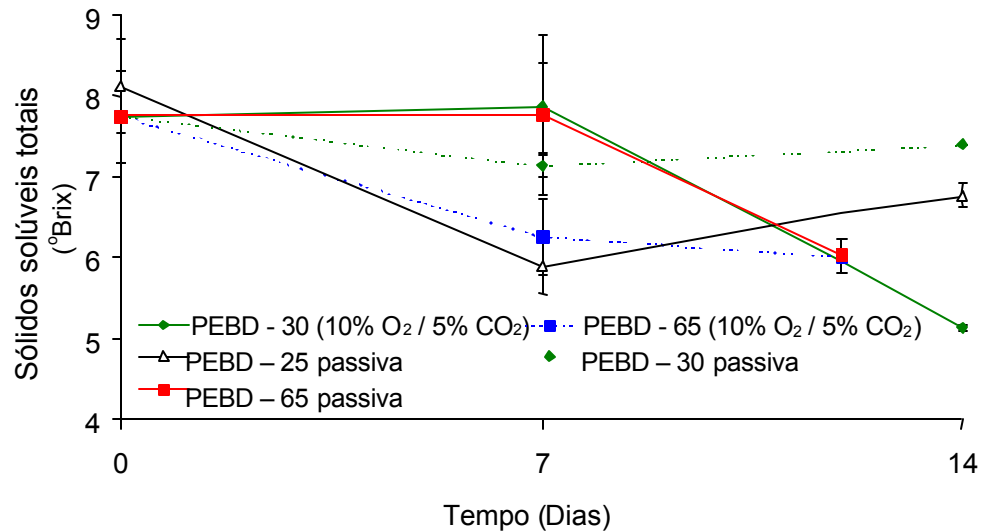


Figura 20 - Concentração de sólidos solúveis totais em couve minimamente processada, armazenada a 5 °C sob diferentes sistemas de modificação de atmosfera, em embalagens de PEBD com espessuras de 25, 30 e 65 µm. Barras verticais representam o erro-padrão da média.

No sistema de modificação utilizando embalagens de PEBD perfuradas e PVC, a couve MP teve sua concentração de sólidos solúveis aumentada, indicando que houve perda de água pelo produto (Figuras 21 e 22).

Nas embalagens de poliolefina, a couve MP manteve sua concentração de sólidos solúveis (Figura 19), ao contrário das embalagens de PEBD de 65 µm (Figura 20), nas quais, devido à sua baixa permeabilidade, se verificou a perda de sólidos solúveis como um dos efeitos negativos das condições de anaerobiose desenvolvidas.

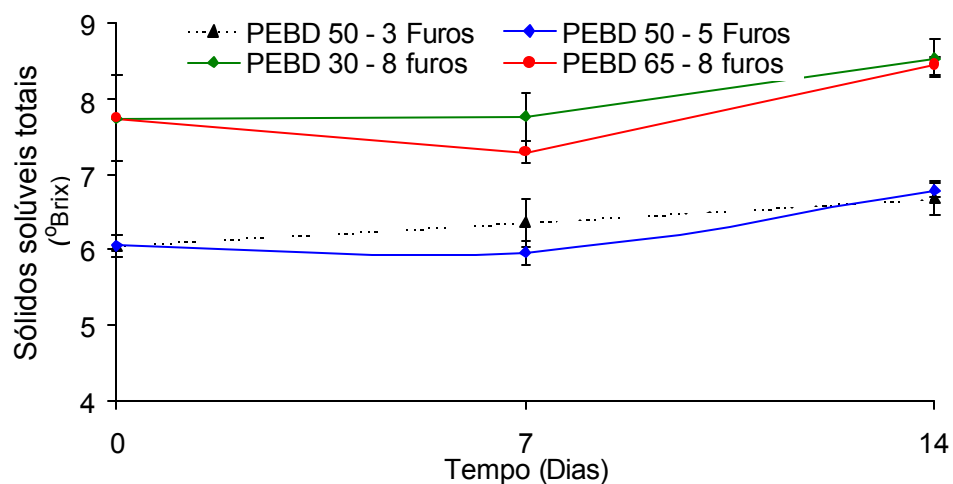


Figura 21 - Concentração de sólidos solúveis totais em couve minimamente processada, armazenada a 5 °C, em embalagens de PEBD 50 μm com três ($0,006 \text{ cm}^2$) e cinco furos ($0,010 \text{ cm}^2$) e PEBD de 30 e 65 μm com oito furos ($0,055 \text{ cm}^2$). Barras verticais representam o erro-padrão da média.

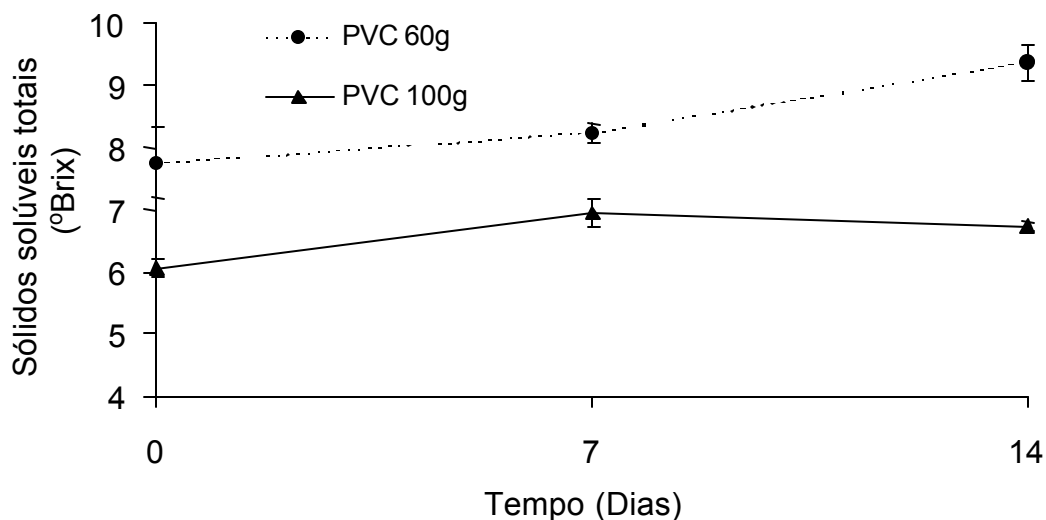


Figura 22 - Concentração de sólidos solúveis totais em couve minimamente processada, armazenada a 5 °C, em bandejas envolvidas por filme de PVC de 15 μm . Barras verticais representam o erro-padrão da média.

A couve MP, armazenada em embalagens de PEBD com 30 μm de espessura sob AM ativa, teve grande perda de sólidos solúveis totais

(Figura 20), fato associado à exposição prolongada a baixas concentrações de O₂ (Figura 13).

Nas embalagens de PEBD perfuradas e de PVC houve concentração dos sólidos solúveis devido à perda de água, ocasionando o aumento da concentração de sólidos solúveis totais. CARNELOSSI (2000) observou a elevação no teor de sólidos solúveis de 7 para 12 °Brix em couve MP armazenada em caixas plásticas a 5 e 10 °C, atribuindo essa mudança à perda de água da couve MP nessa embalagem.

GERALDINE (2000), ao utilizar várias embalagens para o armazenamento de alho minimamente processado, observou que a maior perda de massa ocorreu em bandejas envolvidas com filme de PVC, em razão da alta permeabilidade desse filme ao vapor d'água. Com base nos resultados observados, sugere-se que a concentração de sólidos solúveis totais seja utilizada como indicador de ressecamento do produto MP.

LÓPEZ-GÁLVEZ et al. (1997) constataram que a concentração de açúcares em saladas MP, adquiridas no mercado local, decresceu durante o armazenamento a 5 °C.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Foram avaliados os efeitos de 16 diferentes sistemas de modificação de atmosfera sobre a qualidade de couve minimamente processada. Acompanhou-se a evolução das concentrações de oxigênio e gás carbônico no interior das embalagens, bem como os teores de vitamina C e sólidos solúveis totais do produto durante 14 dias de armazenamento à temperatura de 5 °C.

Com base nos resultados comparativos dos sistemas e na aparência visual, concluiu-se que o melhor sistema de modificação de atmosfera ativa foi o de embalagem de poliolefina multicamadas com a injeção de 0% de O_2 / 5% de CO_2 . Nesse sistema, as concentrações de vitamina C e sólidos solúveis totais, após 14 dias de armazenamento, mantiveram-se próximas à dos níveis iniciais.

A embalagem de poliolefina multicamadas com a aplicação de vácuo parcial também apresentou bons resultados, apesar de sua aparência ser comprometida pelo enrugamento da embalagem. Esse sistema é uma boa opção para o mercado institucional, por diminuir o espaço ocupado pelo produto durante o transporte e armazenamento.

Perfurações em embalagem de baixa permeabilidade, mesmo totalizando ínfima área desta, evitaram o desenvolvimento de condições de

anaerobiose, porém, nesses sistemas, não foram obtidos os benefícios da modificação de atmosfera.

O melhor sistema de modificação de atmosfera passiva foi o que utilizou a embalagem de poliolefina multicamadas. O sistema de poliolefina multicamadas com injeção de 0% de O_2 / 5% de CO_2 e o sistema de poliolefina multicamadas com modificação passiva de atmosfera, melhor sistema de modificação ativa e melhor sistema de modificação passiva, respectivamente, foram selecionados entre os 16 sistemas testados, para experimentos posteriores.

CAPÍTULO 3

AVALIAÇÃO DAS ALTERAÇÕES QUÍMICAS, FÍSICAS E SENSORIAIS EM COUVE MINIMAMENTE PROCESSADA CONSERVADA SOB ATMOSFERA MODIFICADA PASSIVA E ATIVA EM DUAS TEMPERATURAS DE ARMAZENAMENTO

1. INTRODUÇÃO

Os produtos minimamente processados são altamente perecíveis e demonstram rápida perda de qualidade durante o armazenamento. Esses produtos são mais perecíveis que os produtos frescos intactos devido às injúrias que sofrem durante o processamento (CANTWELL, 1992) e, por isso, requerem maiores cuidados durante o seu armazenamento.

Os produtos minimamente processados têm como características principais o seu frescor e a sua praticidade de uso. Em virtude da combinação dessas duas características, as vendas dos produtos minimamente processados no Brasil vêm crescendo rapidamente na última década.

A utilização da modificação de atmosfera, assim como o uso de baixas temperaturas, permite manter a qualidade do produto minimamente processado (MP) (WILEY, 1994), em virtude da redução do metabolismo vegetal. Essa redução, caracterizada pela diminuição da taxa respiratória e da produção de etileno (POWRIE e SKURA, 1991), aliada à diminuição do crescimento microbológico (SHEWFELT, 1986), pode estender a vida-de-prateleira dos produtos minimamente processados.

Os consumidores de produtos MP caracterizam-se por exigirem elevada qualidade sensorial, aliada a uma adequada vida-de-prateleira (SCHLIME, 1995). A aparência do produto exerce papel fundamental na decisão de compra do consumidor, uma vez que através da observação deste parâmetro o consumidor seleciona, escolhe e consome (DELIZA, 2000).

Várias análises físico-químicas, como concentração de vitamina C, sólidos solúveis totais e cor, podem retratar a qualidade dos produtos minimamente processados. Segundo KLEIN (1987), a concentração de vitamina C é um dos melhores indicadores da qualidade de produtos vegetais durante o seu armazenamento, o que foi comprovado por CARNELOSSI (2000) para a couve minimamente processada.

Os experimentos com a couve minimamente processada foram realizados a 5 e 10 °C. Essas temperaturas foram escolhidas por englobarem a faixa de temperatura utilizada comercialmente para o armazenamento de produtos minimamente processados.

Os objetivos deste trabalho foram identificar os efeitos da modificação de atmosfera e da temperatura sobre a qualidade da couve minimamente processada e relacionar diferentes parâmetros físico-químicos com aceitação global pelo consumidor.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Matéria-prima

Couve cultivada na horta da Universidade Federal de Viçosa, conhecida popularmente como “mineira”, teve suas folhas colhidas com aproximadamente 35 a 40 cm de comprimento (MEDINA, 1991) e imediatamente levadas ao laboratório, colocadas em bandejas com o pecíolo imerso em água e armazenadas por 8 a 14 horas em câmara fria a 7 ± 1 °C, até o seu processamento (CARNELOSSI, 2000).

2.2 Processamento mínimo

A couve foi processada conforme descrito em Material e Métodos do capítulo 1.

2.3 Acondicionamento e Armazenamento

Foram acondicionados 100 g de couve minimamente processada em duas diferentes combinações de embalagem x gases, selecionadas com base nos resultados obtidos nos ensaios anteriores (capítulo 2): poliolefina multicamadas com atmosfera modificada passiva e poliolefina multicamadas

com atmosfera modificada ativa de 0% de O_2 / 5% de CO_2 (balanceado com nitrogênio).

Após o envase, as amostras de couve foram armazenadas a 5 e 10 °C. Os experimentos para cada temperatura foram realizados em datas diferentes, com a diferença de uma semana de realização de cada um.

2.4 Concentração de Gases no Interior da Embalagem

Realizou-se a análise de O_2 , CO_2 e etileno após 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15 e 20 dias de armazenamento à temperatura de 5 °C e após 1, 2, 3, 6, 9 e 12 dias de armazenamento à temperatura de 10 °C.

A análise da concentração de O_2 e CO_2 no interior das embalagens foi feita coletando-se alíquotas de gases do espaço livre das embalagens, que foram quantificadas em um analisador de CO_2/O_2 Dansensor® (PBI). A agulha coletora de gás foi introduzida nas embalagens através de septos confeccionados com cola de silicone, filme de polietileno tereftalato e fita adesiva dupla-face (Figura 7, capítulo 2).

A concentração de etileno foi quantificada por cromatografia gasosa, utilizando-se um cromatógrafo Shimadzu® (GC-14 B) equipado com coluna Porapak-Q de 1 m de comprimento e detector de ionização de chama. Foram usadas as temperaturas de 60, 100 e 150 °C para coluna, injetor e detector, respectivamente. Alíquotas de 1 mL da atmosfera do espaço livre das embalagens foram retiradas através de septos, com o auxílio de seringas plásticas de insulina aplicadas no cromatógrafo.

2.5 Vitamina C

Os teores de vitamina C foram determinados de acordo a metodologia apresentada no capítulo 2. As medições foram realizadas aos 0, 5, 10, 15 e 20 dias de armazenamento à temperatura de 5 °C e aos 0, 3, 6, 9 e 12 dias de armazenamento a 10 °C.

2.6 Sólidos Solúveis Totais

O conteúdo de sólidos solúveis totais (°Brix) foi determinado em um refratômetro de Abbé, a partir da extração do suco celular de couve minimamente processada (1 mL) em prensa manual. As análises foram realizadas nos tempos de 0, 5, 10, 15 e 20 dias após o processamento, para o armazenamento à temperatura de 5 °C e 0, 3, 6, 9 e 12 dias, para 10 °C.

2.7 Textura

Foi realizada a medição da força em quilogramas-força (kgf) para a ruptura de tiras íntegras de couve com aproximadamente 15 cm de comprimento e espessura de $1,0 \pm 0,5$ cm. Foi utilizado texturômetro (TA-XT21, Texture Analyser), equipado com a *probe roller grips A/GT*, para tensionar a tira de couve. A velocidade de afastamento utilizada foi de 0,2 mm/s. Em cada parcela foram feitas quatro leituras.

2.8 Cor

As alterações da cor da couve minimamente processada foram acompanhadas utilizando-se um colorímetro (Colortec-PCM®) calibrado com a cor branca. As análises foram realizadas nos tempos de 0, 5, 10, 15 e 20 dias de armazenamento à temperatura de 5 °C e a 0, 3, 6, 9 e 12 dias de armazenamento a 10 °C.

Para as medições, amostras de couve (5 g) foram colocadas em um tubo plástico de aproximadamente 8 cm de altura e 3 cm de diâmetro, aberto nas extremidades e revestido por papel-alumínio nas laterais. As leituras foram realizadas acoplado-se o sensor do aparelho em uma das extremidades do tubo. Foram retiradas duas amostras de cada embalagem e realizadas oito leituras em uma delas.

Nesta análise, foram obtidos os parâmetros de cor: L*, que indica luminosidade (claro e escuro); a*, que indica cromaticidade no eixo da cor verde (-) para a vermelha (+); e b*,

que indica cromaticidade no eixo da cor azul (-) para amarela (+) que foram analisados em separado. A partir dos valores de a^* e b^* calcularam-se os valores de croma (OSÓRNIO e CHAVES, 1998), segundo a relação:

$$\text{Croma} = (a^2 + b^2)^{1/2} \quad (3)$$

2.9 Análise sensorial

Foi avaliada a aceitação sensorial da couve minimamente processada em três combinações de embalagem e atmosfera ao longo do seu armazenamento a 5 e 10 °C. Na avaliação sensorial foi incluído o tratamento de bandeja de poliestireno expandido (27 x 15,5 x 4 cm) envolta por policloreto de vinila (PVC) 15 µm, por se tratar de um sistema de embalagem usado nas indústrias de alimentos minimamente processados.

As avaliações sensoriais foram realizadas em três estabelecimentos de médio porte, selecionados no comércio de Viçosa: Supermercado Bahamas, Supermercado Viçosense e Mercado Santa Rita. Cada análise sensorial foi realizada por 115 a 140 consumidores. As análises foram realizadas em condições similares às de compra, ficando as embalagens de couve expostas no setor de frutas e hortaliças de cada mercado.

A cada provador foi pedido que avaliasse a aparência global do produto embalado e preenchesse a ficha de avaliação (Figura 23). Nessa ficha o avaliador atribuiu notas para aparência global do produto, segundo escala estruturada de nove pontos (escala hedônica).

Foi definido como limite de aceitabilidade o valor de 6, *gostei ligeiramente*, pois o consumidor precisa gostar da aparência do produto para se sentir atraído a consumi-lo (CARNELOSSI, 2000; LÓPEZ-GÁLVEZ et al., 1997). O valor 5, logo abaixo daquele estabelecido como limite, representa indiferença do consumidor em relação ao produto.

Nome : _____ Data: _____

Por favor, avalie as amostras de couve embalada utilizando a escala abaixo para descrever o quanto você gostou ou desgostou do produto, em relação à **APARÊNCIA**. Coloque ao lado do código da amostra o número da escala que melhor reflita o seu julgamento.

Código da amostra	Nota	ESCALA
_____	()	(9) Gostei extremamente
_____	()	(8) Gostei muito
_____	()	(7) Gostei moderadamente
		(6) Gostei ligeiramente
		(5) Indiferente
		(4) Desgostei ligeiramente
		(3) Desgostei moderadamente
		(2) Desgostei muito
		(1) Desgostei extremamente

Comentários: Você estaria disposto(a) a comprar este produto?
 () Sim () Não

Figura 23 - Ficha de avaliação apresentada aos provadores.

2.10 Análise estatística

Foi utilizado o esquema de parcela subdividida no tempo, em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com seis repetições. Para o armazenamento à temperatura de 5 °C, a coleta de dados foi realizada aos 0, 5, 10, 15 e 20 dias de armazenamento e para a temperatura de 10 °C os dados foram coletados aos 0, 3, 6, 9 e 12 dias de armazenamento.

Na coleta de dados, foram utilizadas quatro repetições para as análises físico-químicas e duas para a análise sensorial.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram apresentados em separado para cada temperatura de armazenamento, pois os experimentos foram montados em dias distintos.

Neste capítulo, para efeito de concisão do texto, o sistema de poliolefina com modificação de atmosfera ativa (0% de O_2 / 5% de CO_2 , balanceado com N_2) será referido como poliolefina ativa, e o sistema de poliolefina com modificação de atmosfera passiva será referido como poliolefina passiva.

3.1 Concentração de gases no espaço livre de embalagens de poliolefina multicamadas contendo couve minimamente processada armazenada a 5 e 10 °C

3.1.1 Concentração de oxigênio

A variação da concentração de O_2 foi similar nos dois sistemas até o sexto dia de armazenamento, para as duas temperaturas testadas (Figura 24), porém a concentração de O_2 na temperatura de 10 °C manteve-se em níveis ligeiramente menores, devido ao aumento da taxa respiratória, ocasionado pela maior temperatura. A injeção da mistura de 0% de O_2 / 5%

de CO_2 inibiu a taxa respiratória e, conseqüentemente, o consumo de oxigênio nas duas temperaturas testadas.

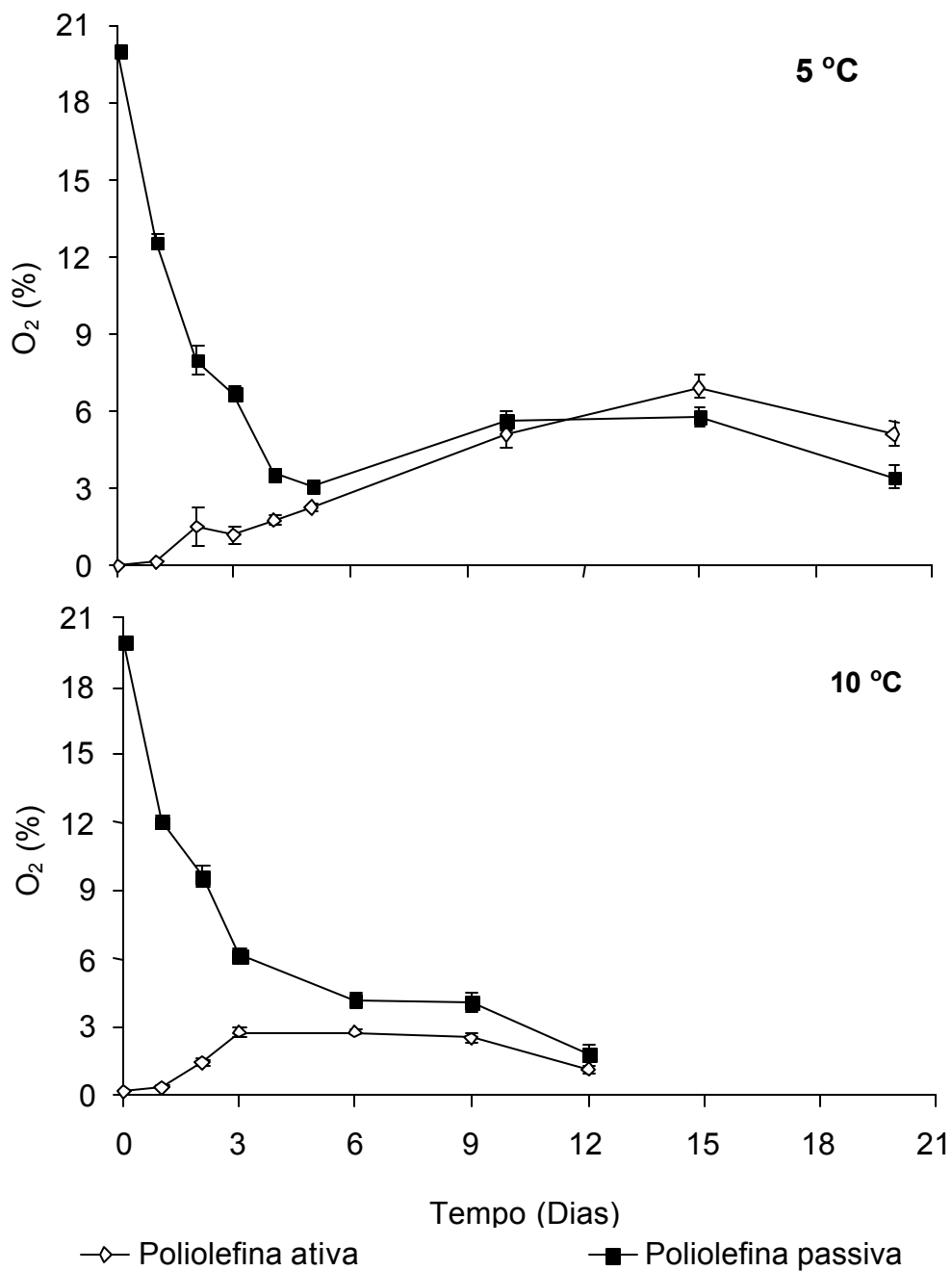


Figura 24 - Concentração de oxigênio no interior das embalagens durante armazenamento nas temperaturas de 5 e 10 °C. Barras verticais representam o erro-padrão da média.

Durante o armazenamento à temperatura de 5 °C, a concentração de O₂ nos tratamentos poliolefina ativa e passiva teve, a partir do quinto dia, comportamentos idênticos, não diferindo estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Foi observado ligeiro aumento na concentração de O₂ do quinto ao décimo quinto dia, quando foram atingidos valores próximos a 6%, seguido por ligeiro decréscimo no vigésimo dia (Figura 24).

A concentração de O₂ no espaço livre da poliolefina ativa armazenada a 5 °C elevou-se lentamente até o décimo dia, quando atingiu a concentração de 6,9% de O₂. Nesse tratamento, a injeção da mistura de gases contendo 0% de O₂ inibiu a respiração da couve MP, fazendo com que a quantidade de O₂ consumido pela respiração fosse menor que a permeada através da embalagem.

A concentração de O₂ inicial na embalagem de poliolefina passiva armazenada a 5 °C reduziu-se rapidamente até o quarto dia, quando atingiu a concentração 3,6%; esse comportamento foi ocasionado pela grande taxa respiratória da couve MP, quando submetida a ambientes com grande disponibilidade de O₂.

As concentrações de O₂ entre as embalagens de poliolefina ativa e passiva armazenadas a 10 °C foram estatisticamente diferentes ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey até o nono dia. Nessa temperatura, a concentração de O₂, na embalagem de poliolefina ativa, elevou-se de 0,1% a 2,8% nos três primeiros dias (Figura 24). O estado de equilíbrio, atingido no terceiro dia, manteve-se até o nono dia, quando teve brusca redução, que pode ter sido ocasionada pelo início da senescência da couve MP.

Na poliolefina passiva armazenada a 10 °C, a concentração de O₂ reduziu-se rapidamente na embalagem de poliolefina sob AM passiva até o terceiro dia, devido à grande taxa respiratória da couve MP, quando atingiu a concentração de 6,2% (Figura 24). Nessa embalagem, verificou-se a manutenção de um estado de equilíbrio na concentração de 4,1% de O₂, entre o sexto e o nono dia. CARNELOSSI (2000), utilizando a mesma embalagem para o armazenamento de couve MP, a 5 e a 10 °C, obteve valores de 2% de O₂ e 1,2% de CO₂ no estado de equilíbrio, menores do que os obtidos neste experimento.

Foi verificada interação significativa entre o sistema de modificação de atmosfera utilizado e o tempo de armazenamento, evidenciando que a concentração de oxigênio foi influenciada pelo tempo de armazenamento.

O nível de O_2 é um dos fatores mais importantes na AM; valores muito baixos podem alterar as características sensoriais do produto, e valores muito altos podem não trazer os benefícios da AM. Os dois sistemas avaliados mantiveram a concentração de O_2 em níveis seguros microbiologicamente, durante o armazenamento nas temperaturas de 5 e 10 °C.

A taxa respiratória, segundo Day (1988), citado por PARRY (1993), serve como um bom indicativo da velocidade com que ocorrem mudanças na composição de vegetais e, assim, indicam o potencial de vida-de-prateleira de frutas e hortaliças. Frutas e hortaliças que possuem grande taxa respiratória, em geral, são altamente perecíveis. A inibição da taxa respiratória, conseguida com a injeção da mistura de gases (0% de O_2 / 5% de CO_2), poderia contribuir para o aumento da vida-de-prateleira da couve minimamente processada.

3.1.2 Concentração de gás carbônico

Ocorreu interação significativa entre os tratamentos de modificação de atmosfera e o tempo de armazenamento pelo teste F ($p < 0,001$), indicando que o tempo de armazenamento modificou o efeito do sistema de modificação de atmosfera sobre a concentração de CO_2 no interior das embalagens.

A concentração de CO_2 , no interior das embalagens de poliolefina multicamadas, apresentou comportamento semelhante nos dois sistemas (Figura 25). O aumento da temperatura de armazenamento fez com que o estado de equilíbrio fosse atingido mais rapidamente.

A concentração de CO_2 na poliolefina ativa, em ambas as temperaturas, decresceu até que fosse atingido o estado de equilíbrio. Já na poliolefina passiva observou-se rápido acúmulo de CO_2 durante o primeiro

dia, seguido por decréscimo até que fosse atingida a concentração do estado de equilíbrio.

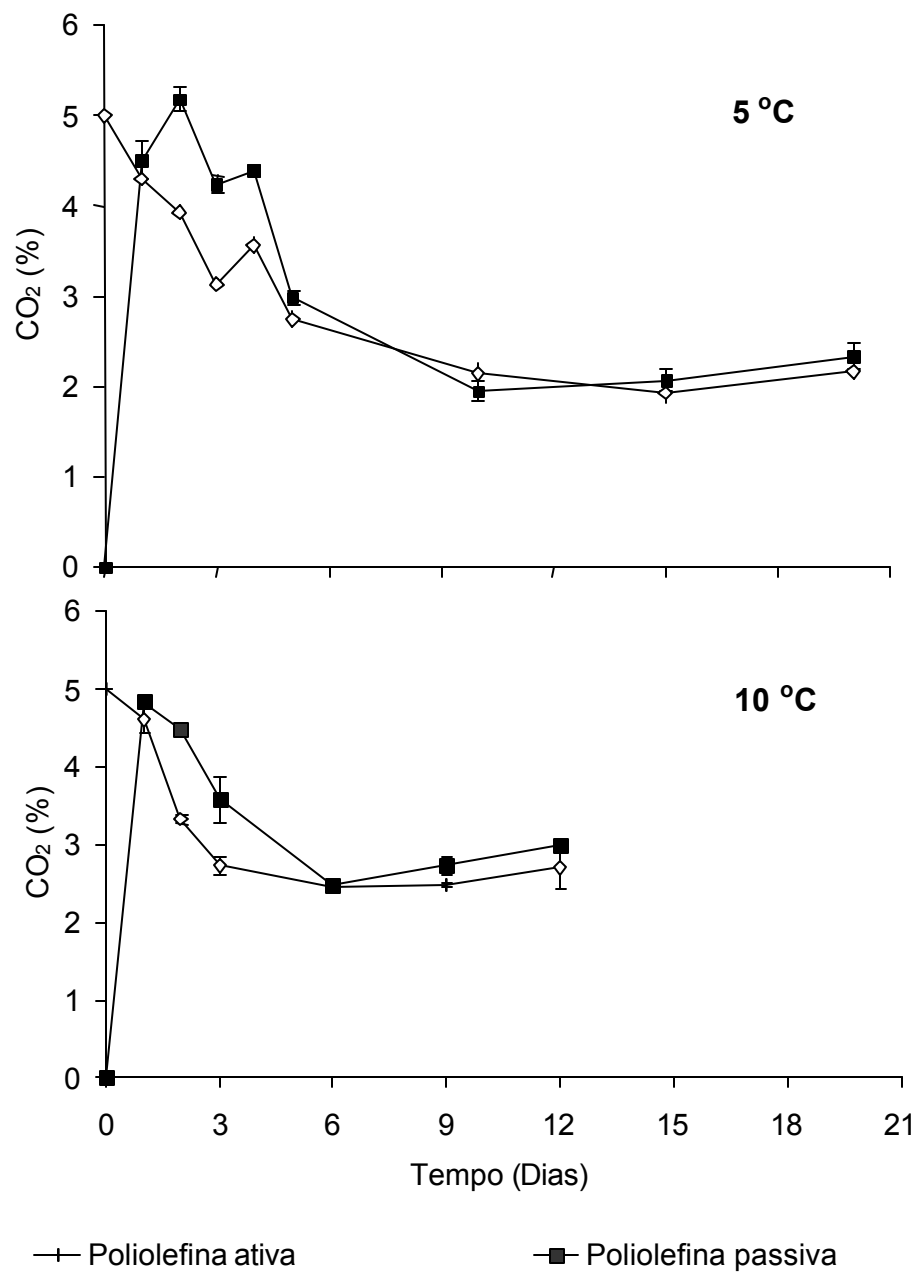


Figura 25 - Concentração de gás carbônico no interior das embalagens durante armazenamento nas temperaturas de 5 e 10 °C. Barras verticais representam o erro-padrão da média.

Observou-se (Figura 25) que no primeiro dia de armazenamento a concentração de CO₂ na poliolefina passiva se igualou à concentração na poliolefina ativa, onde foi injetada uma mistura de gás contendo 5% de CO₂.

No terceiro dia de armazenamento, a concentração de CO₂ na embalagem de poliolefina ativa reduziu-se de 5% para 3,1 e 2,7%, quando armazenada a 5 e a 10 °C, respectivamente. A redução da concentração de CO₂ nos primeiros dias indica que não ocorreram distúrbios fisiológicos resultantes da ausência de O₂ na mistura de gases injetada.

A concentração de CO₂ atingiu o estado de equilíbrio entre o quinto e o décimo dia (Figura 25), para temperatura de 5 °C, enquanto na temperatura de 10 °C o estado de equilíbrio foi atingido entre o terceiro e o sexto dia. A concentração de equilíbrio na temperatura de 5 °C foi em torno de 2,0%, enquanto a 10 °C ela foi em torno de 2,5%. Essa ligeira diferença pode ter sido ocasionada pela maior taxa respiratória da couve MP na temperatura de 10 °C.

Os sistemas de modificação de atmosfera com embalagens de poliolefina multicamadas atingiram no mesmo período o estado de equilíbrio para CO₂ em ambos os sistemas analisados. Como verificado também no capítulo 2, a concentração de gases no estado de equilíbrio é determinada pela permeabilidade da embalagem utilizada, independentemente da injeção ou não de gases.

Na embalagem de poliolefina sob AM passiva armazenada a 5 °C, a concentração de CO₂ passou de 0% para 4,5% após um dia (Figura 25), o que comprova a elevada taxa respiratória da couve MP após seu processamento (CARNELOSSI, 2000). A grande disponibilidade de O₂ no sistema de AM passiva permitiu o desenvolvimento de altas taxas respiratórias (Figuras 5 e 24). Brócolis MP, um produto que, como a couve, possui alta taxa respiratória, também modificou rapidamente a atmosfera ao seu redor armazenado à temperatura ambiente (BARTH et al., 1993).

Na Figura 25, observa-se que, na poliolefina passiva armazenada a 10 °C, a concentração de CO₂ evoluiu de 0 para 4,8% após um dia, o que revela elevada taxa respiratória da couve MP após seu processamento.

Nesse sistema, após o terceiro dia, o estado de equilíbrio foi atingido na concentração de aproximadamente 2,7% (Figura 25).

A concentração de CO₂ no estado de equilíbrio para as embalagens de poliolefina sob AM passiva e ativa, armazenando couve minimamente processada na temperatura de 10 °C, foi ligeiramente maior do que a obtida na temperatura de 5 °C. A maior concentração de CO₂ (Figura 25), assim como a menor concentração de O₂ (Figura 24), no interior das embalagens mantidas sob temperatura de 10 °C pode ser explicada pelo aumento da taxa respiratória com o aumento da temperatura (capítulo 1, Figura 3), que se dá em maior proporção do que o aumento da permeabilidade das embalagens a gases.

Como visto anteriormente, a couve minimamente processada possui energia de ativação ($E_a = 49,62 \text{ kJ.mol}^{-1}$) superior à E_a da maioria dos filmes plásticos utilizados na confecção de embalagens, implicando que o aumento da temperatura promove aumento no consumo de O₂ e produção de CO₂ superior ao aumento da permeabilidade dos filmes plásticos a esses gases.

3.1.3 Concentração de etileno

O pico de produção de etileno, nos sistemas com modificação de atmosfera passiva (Figura 26), foi estimulado pelas injúrias ocasionadas pelo processamento mínimo da couve. A injeção de uma mistura de gases contendo baixíssima concentração de O₂ (0% de O₂ / 5% de CO₂) na poliolefina ativa fez com que a taxa respiratória (Figuras 24 e 25) e a produção de etileno, da couve MP, não aumentassem a 5 e 10 °C, apesar das injúrias ocorridas.

As diferenças de concentrações de etileno entre o primeiro e o terceiro dia, período em que ocorreu o pico de produção de etileno em ambas as temperaturas, foram significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,01$).

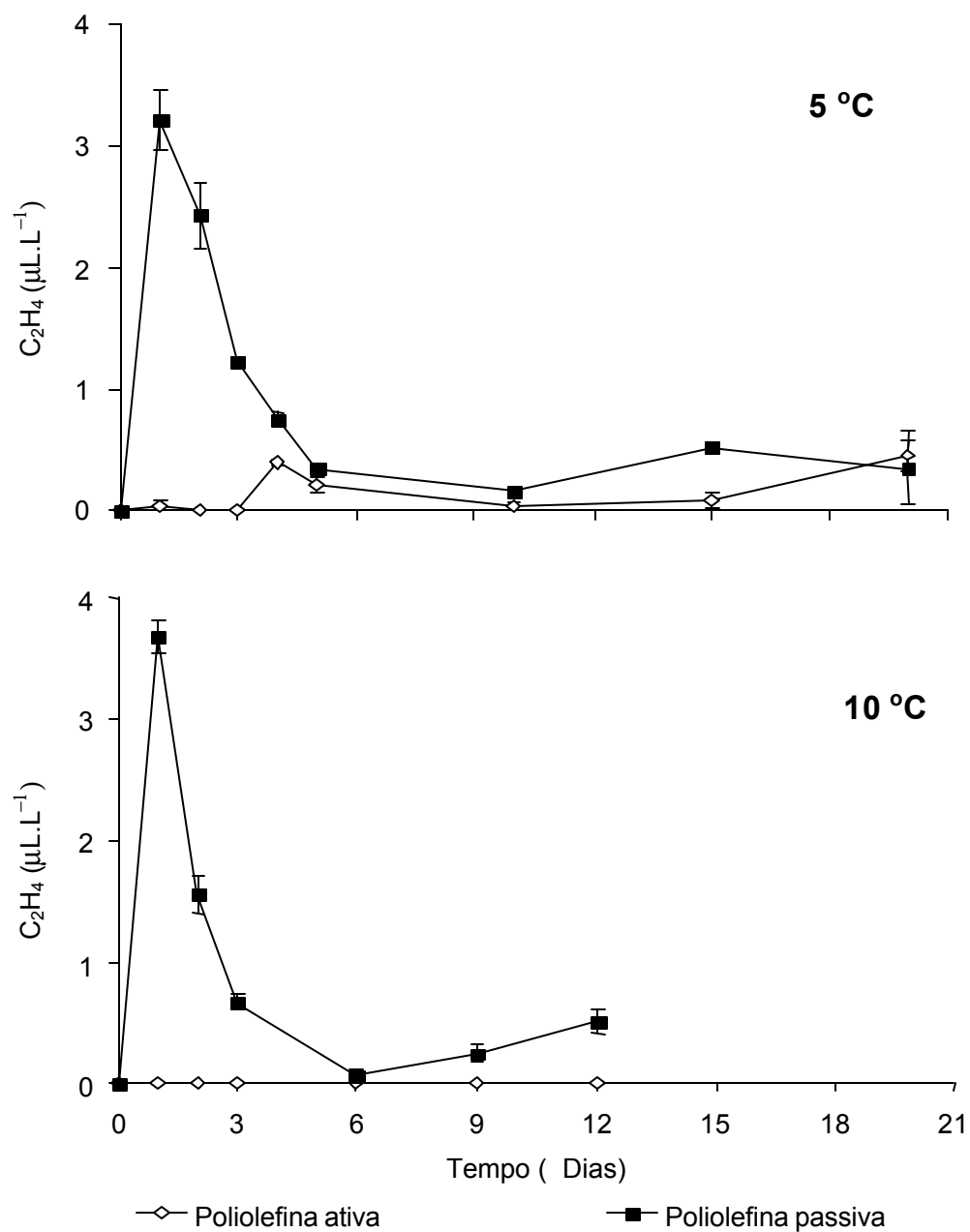


Figura 26 - Concentração de etileno no interior das embalagens durante armazenamento nas temperaturas de 5 e 10 °C. Barras verticais representam o erro-padrão da média.

No sistema de poliolefina passiva, verificou-se que a couve MP produziu elevada quantidade de etileno em ambas as temperaturas, como resposta fisiológica aos danos ocorridos durante o processamento mínimo. A grande disponibilidade de O₂ (Figura 24) no interior dessas embalagens

permitiu que ocorresse elevada produção de etileno (Figura 26) e altas taxas respiratórias nos primeiros dias de armazenamento (Figuras 24 e 25).

No sistema de poliolefina com AM ativa ocorreu a inibição da produção de etileno em ambas as temperaturas (Figura 26), devido aos baixos níveis de O₂ e altos níveis de CO₂ no interior das embalagens nos primeiros dias de armazenamento. Foi detectada pequena produção de etileno a partir do quarto dia de armazenamento a 5 °C (Figura 26), que pode ter ocorrido pelo aumento dos níveis de O₂, atingindo até 1,8%, no interior das embalagens (Figura 24). No entanto, à temperatura de 10 °C, não se detectou durante todo o armazenamento a produção de etileno nesse sistema.

A produção de etileno na couve minimamente processada foi ocasionada pelas injúrias mecânicas sofridas durante o processamento, porém no sistema com modificação ativa de atmosfera, conforme já relatado na literatura (WANG, 1990), a ausência de O₂ inibiu a produção deste gás.

Os resultados obtidos confirmam aqueles encontrados na literatura, em que concentrações baixas de O₂ e elevadas de CO₂ inibem a produção de etileno (KADER et al., 1998; BEAUDRY, 1999; WILEY, 1994).

3.2 Concentração de vitamina C em couve minimamente processada armazenada em embalagens de poliolefina multicamadas a 5 e 10 °C

Não houve diferença significativa entre os sistemas de modificação de atmosfera em ambas as temperaturas pelo teste F ($p < 0,05$) (Figura 27), porém a concentração de vitamina C foi afetada pelo tempo de armazenamento ($p < 0,01$). Na Figura 27, observa-se que, no terceiro dia de armazenamento, ocorreu aumento médio de 30% da concentração inicial de vitamina C em ambas as temperaturas. Essa ocorrência pode ter sido ocasionada pela perda de água do produto para o ambiente no interior da embalagem (observação do autor).

Apesar da redução do metabolismo da couve MP armazenada na poliolefina ativa, visualizada pela redução da taxa respiratória e produção de etileno (Figuras 24, 25 e 26), o teor de vitamina C na couve MP foi

semelhante em ambos os sistemas (Figura 27). Logo, para uma indústria de processamento vegetais, não se justificaria a utilização da injeção de atmosfera na embalagem de poliolefina multicamadas utilizada.

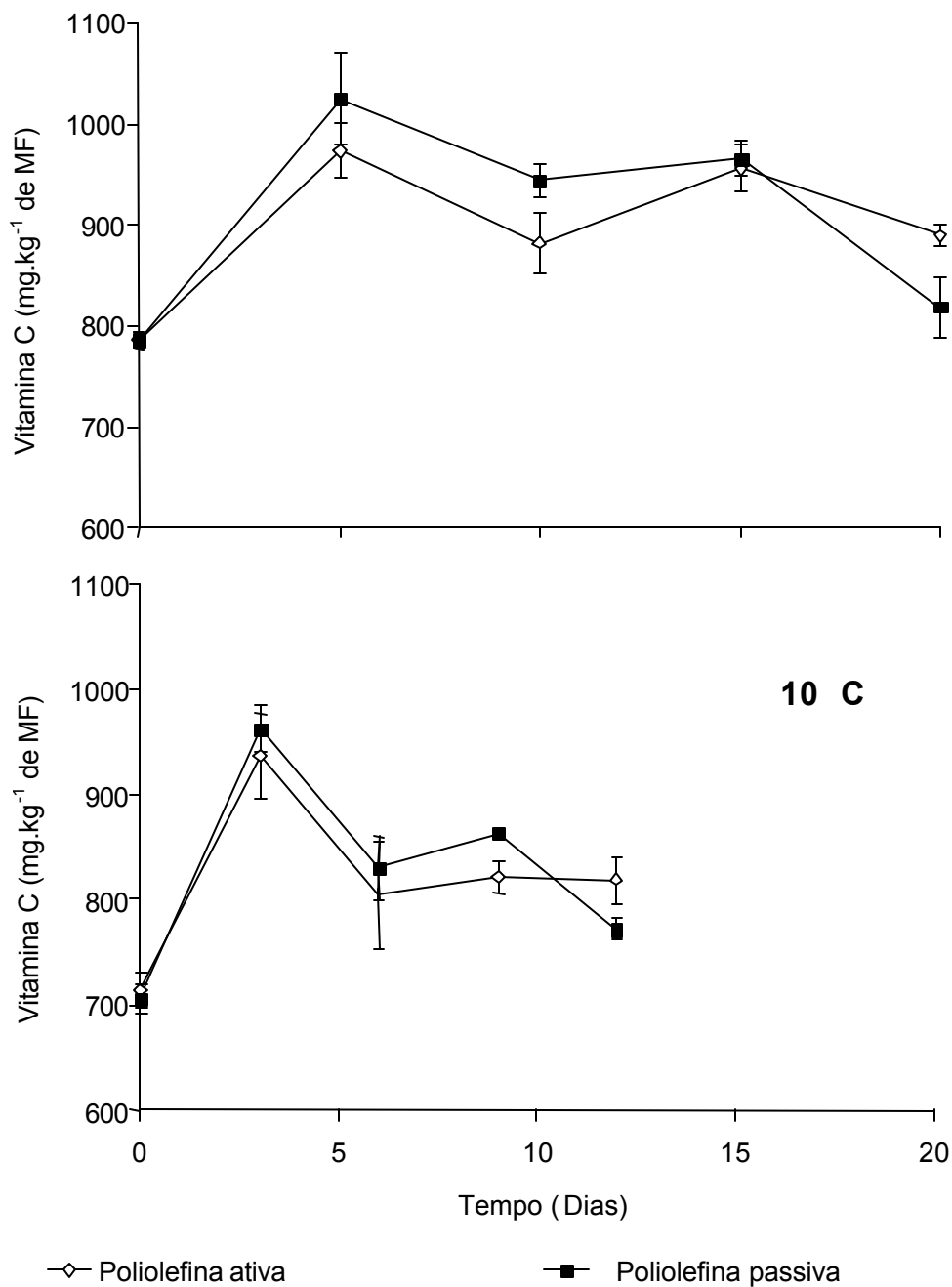


Figura 27 - Concentração de vitamina C (mg de vitamina C por kg de matéria fresca) em couve minimamente processada armazenada nas temperaturas de 5 e 10 °C. Barras verticais representam o erro-padrão da média.

A concentração de vitamina C é um dos indicadores da qualidade de produtos vegetais durante o seu armazenamento. KLEIN (1987) sugere que a concentração de vitamina C pode ser utilizada como parâmetro de qualidade para vegetais MP. CARNELOSSI (2000) observou que a qualidade da couve MP está correlacionada com a manutenção do conteúdo de vitamina C. A embalagem de poliolefina utilizada foi eficiente na manutenção do teor de vitamina C da couve MP, mantendo a sua concentração inicial de vitamina C e preservando a sua qualidade.

Os resultados obtidos foram superiores aos relatados por CARNELOSSI (2000) e BEAULIEU et al. (1997), que constataram a perda de vitamina durante o armazenamento de couve MP. HEIMDAL et al. (1995) verificaram a perda de vitamina C durante o armazenamento de alface MP, e essa perda pode ser acelerada com o aumento da temperatura (BEAULIEU et al., 1997).

3.3 Concentração de sólidos solúveis totais em couve minimamente processada armazenada em embalagens de poliolefina multicamadas a 5 e 10 °C

Não houve diferença significativa entre os sistemas de modificação de atmosfera em ambas as temperaturas pelo teste F ($p > 0,05$) (Figura 28). Como na vitamina C, o tempo de armazenamento alterou a concentração de sólidos solúveis totais ($p < 0,05$).

A couve MP armazenada a temperatura de 5 °C teve redução de apenas 4% na concentração de sólidos solúveis totais, após 20 dias de armazenamento. Na temperatura de 10 °C ocorreu perda de 15% na concentração de sólidos solúveis totais, em relação ao nível inicial, após 12 dias de armazenamento. Essa diferença pode ter sido ocasionada pela diferença entre o aumento da taxa respiratória da couve MP e o aumento da transpiração (ROBERTSON, 1993), em resposta à elevação da temperatura de armazenamento.

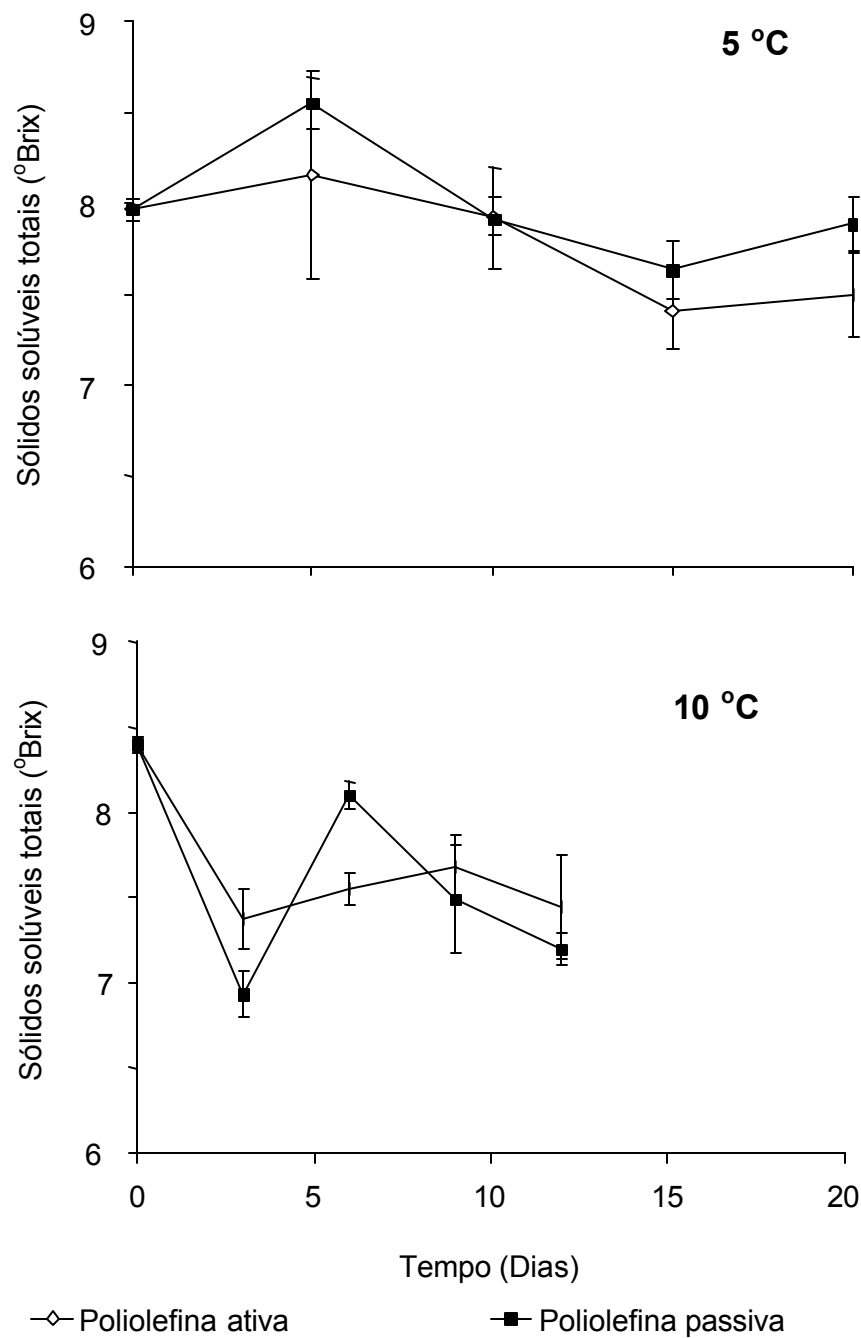


Figura 28 - Concentração de sólidos solúveis totais em couve minimamente processada armazenada à temperatura de 5 e 10 °C. Barras verticais representam o erro-padrão da média.

A redução da concentração de sólidos solúveis na couve MP durante o armazenamento, em ambas as temperaturas, pode ter sido ocasionada pelo consumo de açúcares durante a sua respiração. BITTENCOURT (2000)

observou a redução dos teores de glicose e frutose durante o armazenamento da couve MP, atribuindo isso ao consumo desses açúcares pela respiração da couve MP e pela microbiota contaminante.

A concentração de sólidos solúveis é mais uma variável de qualidade de produtos vegetais que pode indicar se está ocorrendo desidratação do produto durante o armazenamento e/ou alto consumo de reservas energéticas.

3.4 Alterações de textura em couve minimamente processada durante o armazenamento em embalagens de poliolefina multicamadas a 5 e 10 °C

A força de ruptura não foi afetada pelo sistema de modificação de atmosfera utilizado ($p>0,05$) (Figura 29), porém ela foi influenciada pelo tempo de armazenamento. Ao final do vigésimo dia de armazenamento a 5 °C, a couve MP havia perdido 25% da sua textura inicial (resistência à tração), enquanto na temperatura de 10 °C a mesma redução foi atingida no décimo segundo dia. Saladas MP também exibem perda de textura durante o armazenamento, sendo essa redução detectada por um painel de provadores treinados (LÓPEZ-GÁLVEZ et al., 1997).

A medição de textura em frutas e algumas hortaliças não-folhosas é uma prática comum e serve para avaliar a qualidade do produto e o seu ponto de maturação. A avaliação de textura em hortaliças folhosas é prática pouco utilizada, que, no caso da couve minimamente processada, é dificultada pelo seu formato.

A textura da couve MP foi avaliada pela força necessária para romper uma "tira" de couve, e a sua medição teve o objetivo de relacioná-la com os demais parâmetros de qualidade, o que não foi verificado durante o período de armazenamento avaliado.

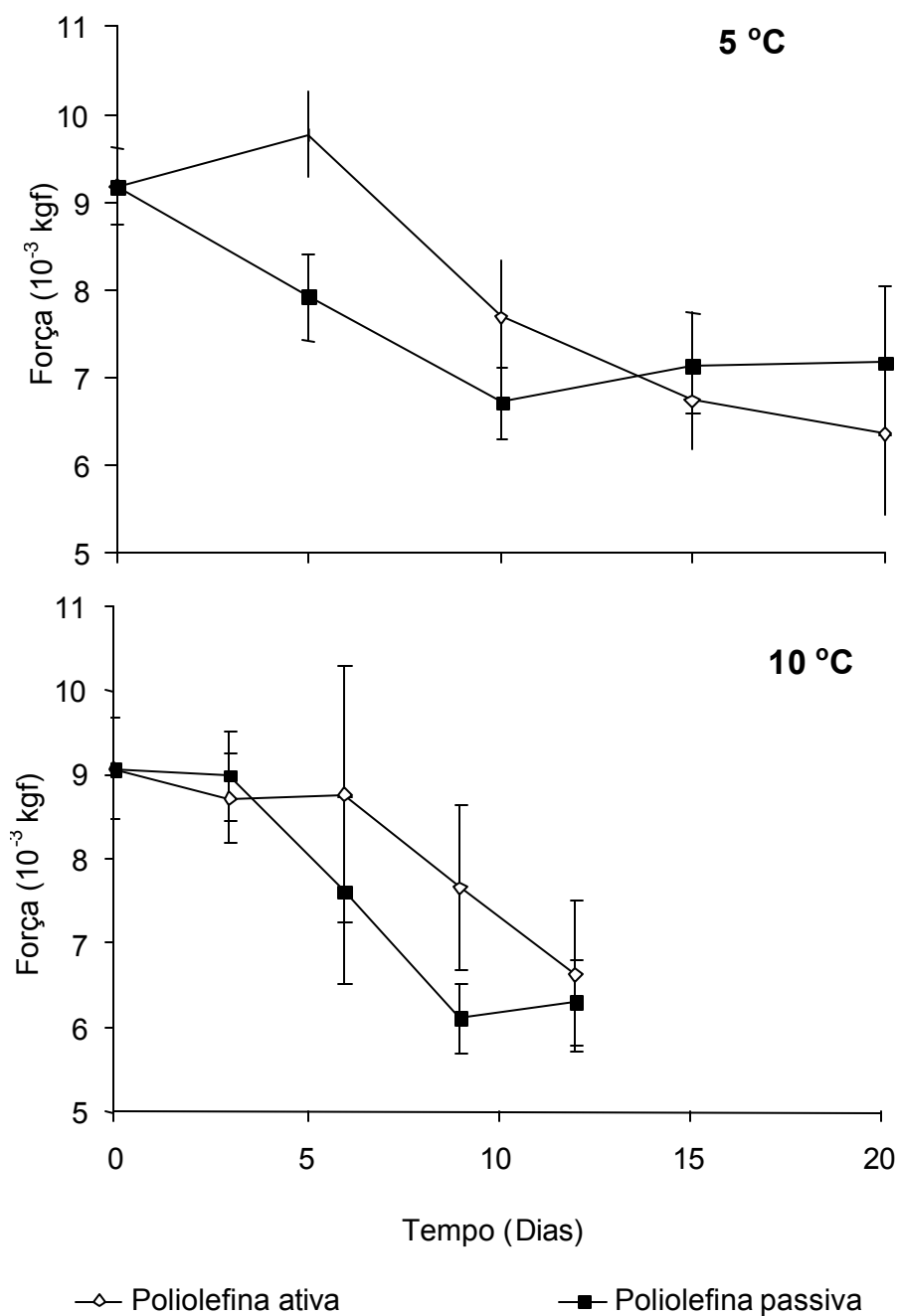


Figura 29 - Força de ruptura em couve minimamente processada armazenada à temperatura de 5 e 10 °C. Barras verticais representam o erro-padrão da média.

3.5 Alterações de cor em couve minimamente processada durante o armazenamento em embalagens de poliolefina multicamadas a 5 e 10 °C

A cor não foi afetada pelo sistema de modificação de atmosfera utilizado ($p > 0,05$). Entretanto, o tempo de armazenamento alterou as características de cor nos quatro parâmetros avaliados L^* , a^* , b^* e croma (Figuras 30 e 31). Os valores de L^* e b^* aumentaram com o armazenamento, indicando a perda de cor, e o amarelecimento, respectivamente. O valor a^* diminuiu, indicando aumento do componente verde na cor da couve MP.

Sarantópoulos (comunicação pessoal), utilizando uma escala de 5 pontos e 15 provadores não-treinados, verificou que o amarelecimento da couve minimamente processada, estocada a 5 °C em embalagens de poliolefina e PVC, se elevou de nenhum (valor 1), com 0 dia de armazenamento, para moderado a muito intenso, com 14 dias de armazenamento (valor 3-5).

Segundo BEAULIEU et al. (1997), a vida-de-prateleira de couve minimamente processada, armazenada em temperaturas de 10 e 20 °C, foi limitada principalmente pelo seu amarelecimento e ressecamento. HEIMDAL et al. (1995) verificaram que as medidas no sistema $L^*a^*b^*$ estão altamente correlacionadas com alterações visuais verificadas em alface MP.

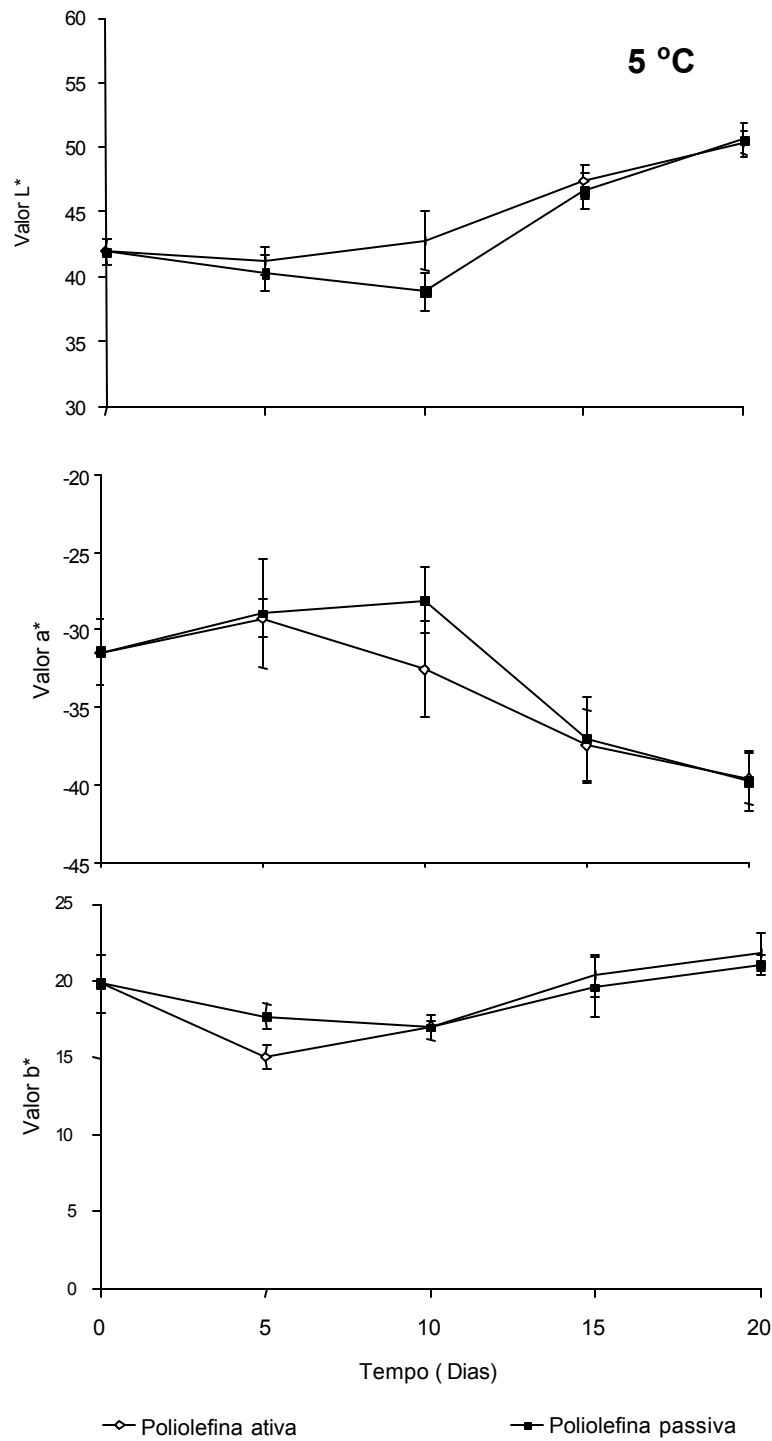


Figura 30 - Índices de cor (L^* , a^* e b^*) em couve minimamente processada durante o armazenamento a 5 °C. Barras verticais representam o erro-padrão da média.

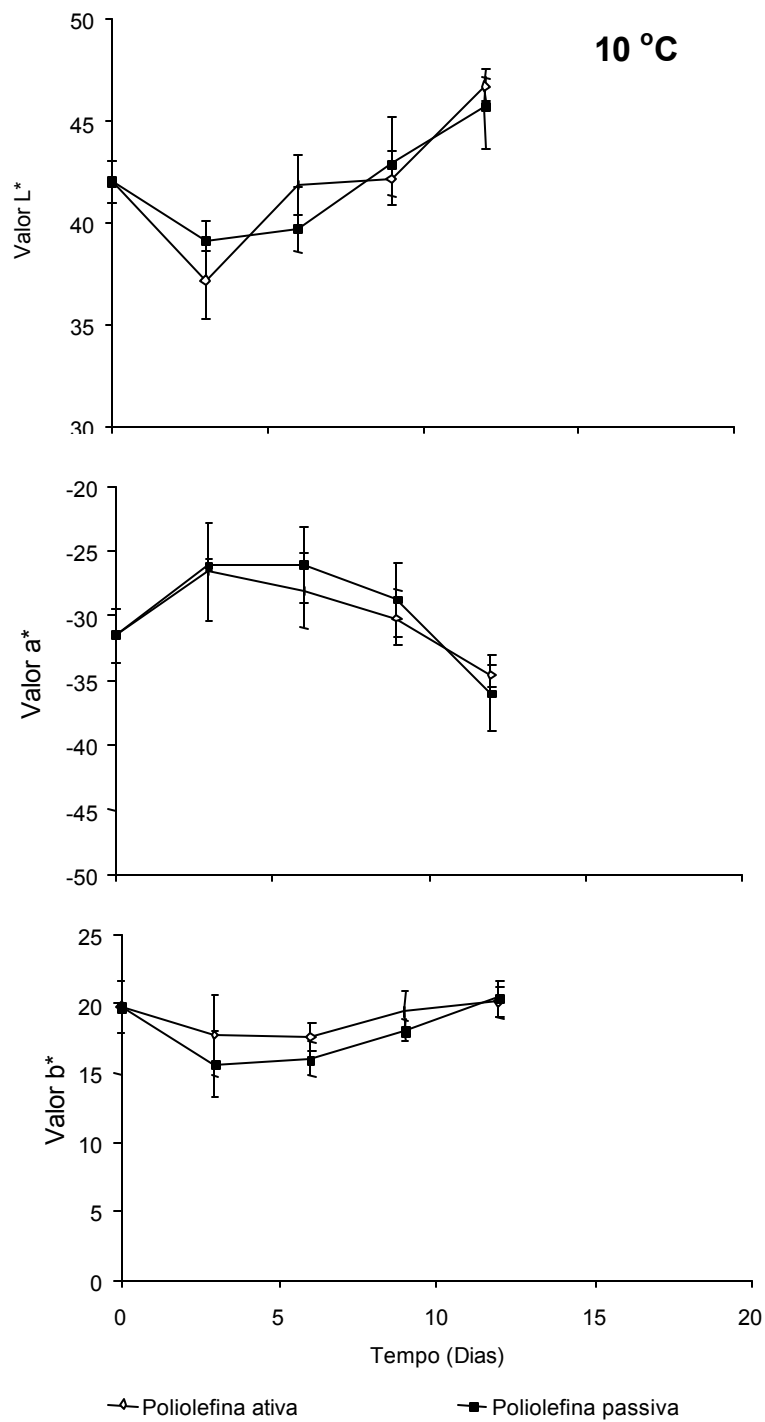


Figura 31 - Índices de cor (L^* , a^* e b^*) em couve minimamente processada durante armazenamento a 10 °C. Barras verticais representam o erro-padrão da média.

O valor de croma da couve MP, calculado a partir dos índices a^* e b^* , aumentou durante o armazenamento a 5 e 10 °C, indicando elevação na intensidade da cor (Figura 32). Esse fato pode estar correlacionado com o escurecimento enzimático verificado em couve MP durante o seu armazenamento (CARNELOSSI, 2000).

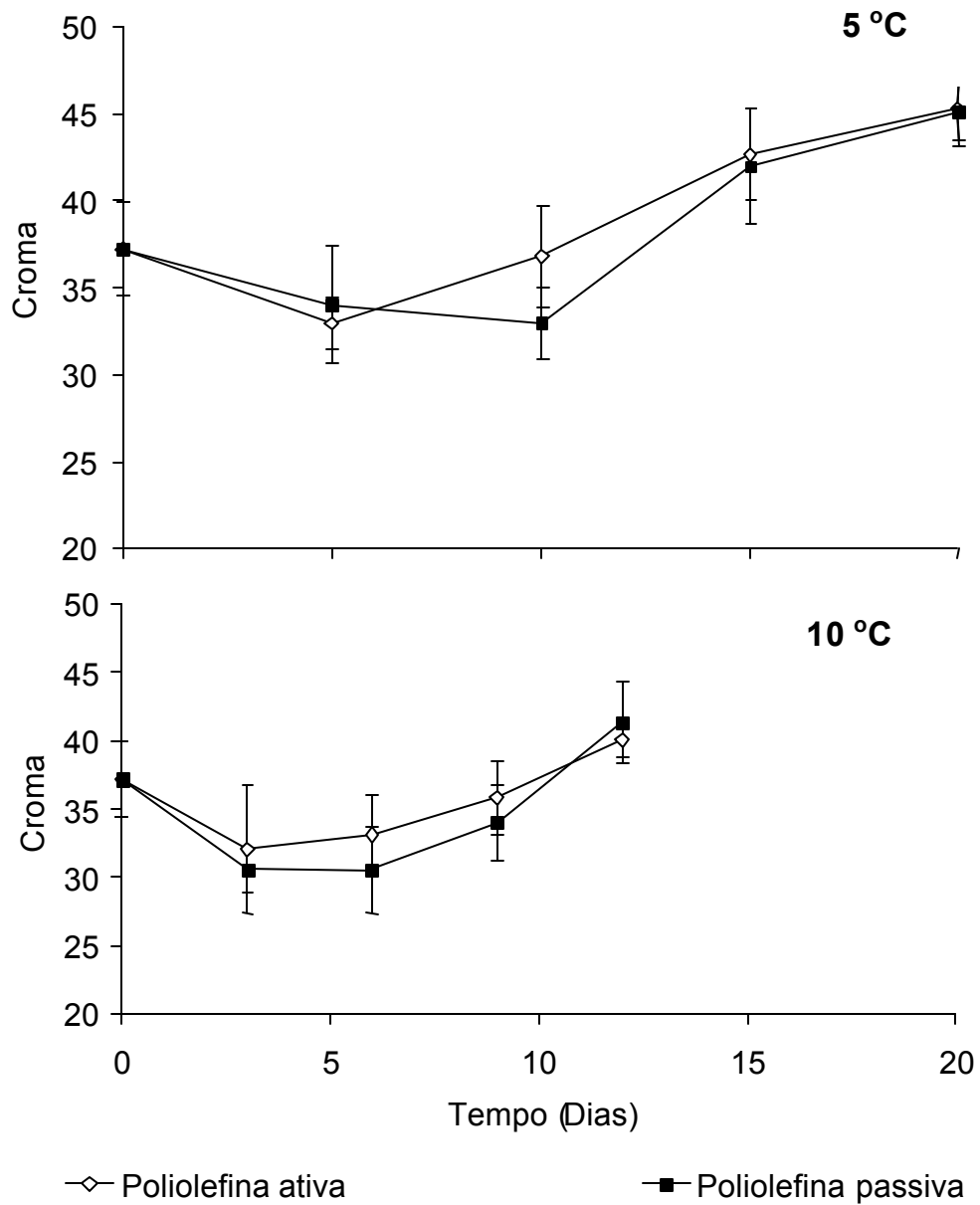


Figura 32 - Valores de croma calculados para couve minimamente processada durante o armazenamento a 5 e 10°C. Barras verticais representam o erro-padrão da média.

3.6 Avaliação sensorial de couve minimamente processada embalada em poliolefina multicamadas e policloreto de vinila, durante armazenamento a 5 e 10 °C

A couve MP nas embalagens de poliolefina, armazenada a 5 °C, no vigésimo dia de armazenamento, obteve índices de aceitação médios, similares aos obtidos no início do armazenamento (Figura 33). CARNELOSSI (2000) obteve aceitação da couve MP armazenada em embalagem de poliolefina a 5 °C acima do limite estabelecido, até o décimo dia de armazenamento, após o qual a couve se deteriorou rapidamente, obtendo índices de aceitação de 2,7, correspondente a *desgostei moderadamente*.

Em contraste com a couve embalada na poliolefina multicamadas, esta, quando embalada em PVC, só foi aceitável até o sexto e décimo quinto dias, respectivamente a 5 e 10 °C.

A queda na aceitação da couve MP embalada em bandejas de poliestireno expandido envolvidas por PVC foi ocasionada principalmente pelo seu amarelecimento e ressecamento (dados não-mostrados).

O acondicionamento da couve MP em bandejas de poliestireno expandido embalada com PVC impressionou positivamente os provadores. Na Figura 33, observa-se que no tempo zero a 10 °C, quando ainda não havia efeito do sistema de modificação de atmosfera sobre a aparência da couve MP, a aceitação da couve MP foi estatisticamente maior nas embalagens de PVC ($p < 0,05$, pelo teste de Tukey) do que nos sistemas em que se usou poliolefina.

A couve MP no sistema de poliolefina, armazenada a 10 °C, teve alta aceitação até o final do experimento (décimo segundo dia), resultado similar ao obtido por BITTENCOURT (2000) usando a mesma embalagem. CARNELOSSI (2000), usando a mesma embalagem de poliolefina em sistema de modificação de atmosfera passiva a 10 °C, obteve boa aceitação da couve MP apenas até o terceiro dia.

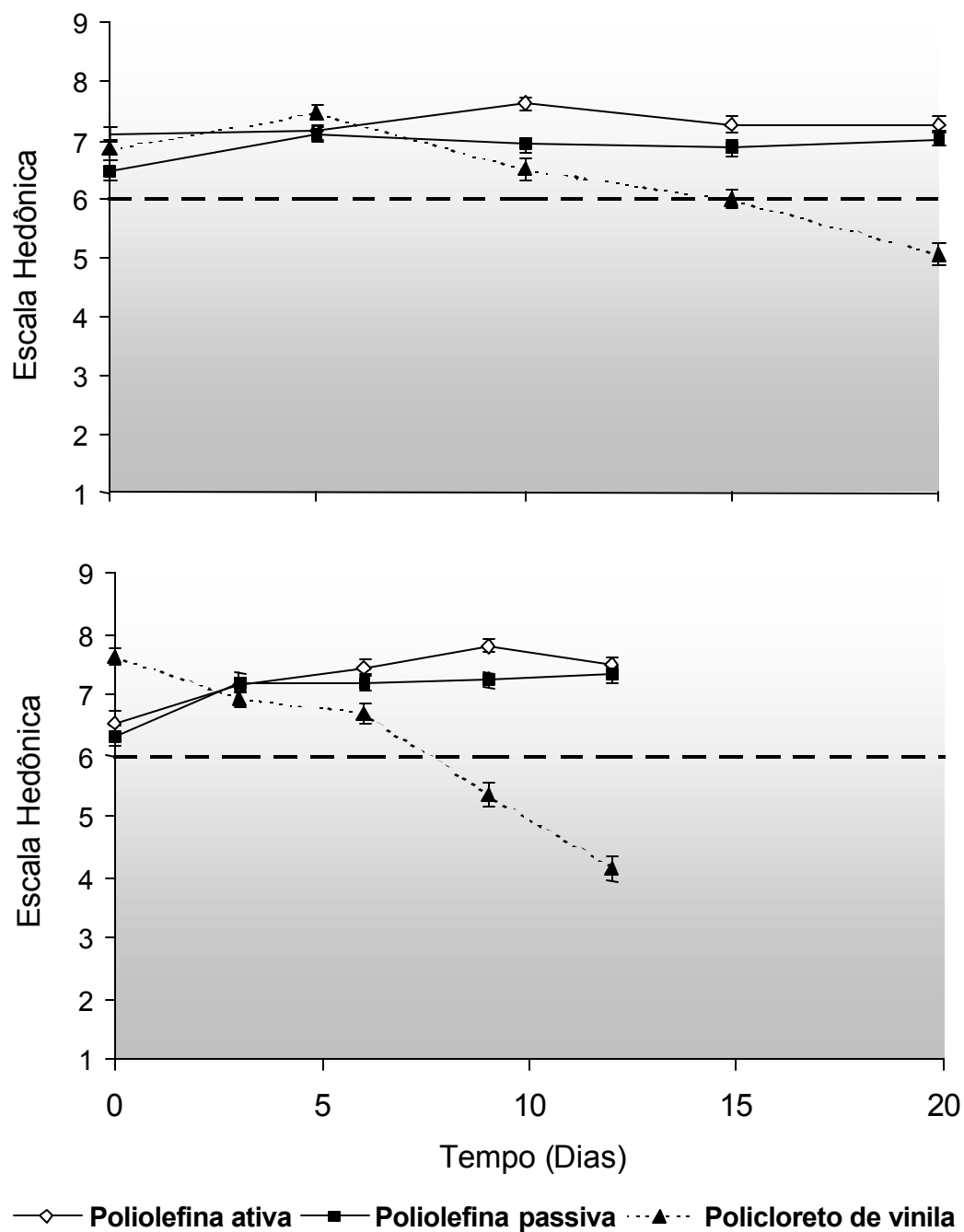


Figura 33 - Aceitação do consumidor quanto à aparência global da couve minimamente processada e embalada, durante armazenamento a 5 e 10 °C, em diferentes sistemas de modificação de atmosfera. Barras verticais representam o erro-padrão da média e a linha tracejada representa o limite de aceitabilidade.

A inibição da produção de etileno na embalagem de poliolefina com AM ativa (Figura 26) não se refletiu em melhor aceitação da couve, quando comparada com o sistema de poliolefina com modificação de atmosfera passiva. Conforme BEAUDRY (1999), a diminuição do metabolismo dos vegetais pode se refletir em aumento do tempo de armazenamento dos produtos, o que não foi verificado para couve MP sob os dois sistemas de modificação de atmosfera.

Baixas temperaturas de armazenamento podem tornar imperceptíveis os benefícios da modificação de atmosfera (CARNELOSSI, 2000; BEAULIEU et al., 1997), o que pode explicar por que não foram verificadas diferenças significativas entre a modificação de atmosfera passiva e a ativa.

Grande porcentagem dos provadores entrevistados associou a qualidade da couve MP à cor verde (observação do autor), o que reafirma os resultados obtidos por BEAULIEU et al. (1997), os quais observaram que uma das principais causas da rejeição do produto foi o seu amarelecimento.

Outra informação obtida foi que, em sua grande maioria, os entrevistados afirmaram sua predileção pela couve cortada em tiras de pequena espessura (observação do autor). Essa informação vai ao encontro do observado por CARNELOSSI (2000), que, utilizando provadores não-treinados, verificou a predileção destes pelas amostras de couve MP cortadas na menor espessura.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Neste trabalho, foram avaliados os efeitos da modificação de atmosfera passiva e ativa, nas temperaturas de armazenamento de 5 e 10 °C, utilizando a embalagem de poliolefina multicamadas, que, nos experimentos anteriores, apresentou os melhores resultados para a conservação da couve minimamente processada.

Durante os experimentos, foi acompanhada a evolução da concentração de oxigênio, gás carbônico e etileno no interior das embalagens e também foram feitas análises da concentração de vitamina C, sólidos solúveis totais, textura, cor e teste sensorial de aceitação do produto embalado.

A modificação de atmosfera na embalagem de poliolefina pela injeção da mistura de 0% de O₂ / 5% de CO₂ foi eficiente na inibição da respiração e da produção de etileno pela couve minimamente processada. No entanto, essa redução do metabolismo não trouxe benefícios para a conservação da couve minimamente processada, com base nas análises físico-químicas e sensoriais realizadas.

Ocorreram alterações com o tempo de armazenamento em todos os parâmetros físico-químicos avaliados, porém o parâmetro que mais se relacionou com a aceitação por parte do consumidor foi a concentração de vitamina C.

A couve minimamente processada armazenada nas embalagens de poliolefina teve boa aceitação por parte do consumidor até 12 dias na temperatura de 10 °C e até 20 dias na temperatura de 5 °C, conservando quase a totalidade do seu teor inicial de vitamina.

Os efeitos do abaixamento da temperatura em diminuir o metabolismo da couve minimamente processada e, com isso, manter a qualidade e a aceitabilidade do produto são mais pronunciados do que os efeitos da atmosfera modificada ativa.

CONCLUSÕES GERAIS

Os resultados obtidos permitem as seguintes conclusões:

- O aumento da temperatura de armazenamento em 10 °C faz com que a taxa respiratória da couve minimamente processada aumente de 2,1 a 2,4 vezes.
- A diminuição da concentração de O₂ até a anaerobiose ocasiona redução de até quatro vezes da taxa respiratória de couve minimamente, em temperatura ambiente.
- Embalagens com permeabilidade a oxigênio inferior a 8.500 (cm³(CNTP)/m²/dia) não foram eficientes na conservação da couve minimamente processada armazenada a 5 °C, durante um período de 14 dias. A utilização de perfurações, nestas embalagens, evitou a formação de condições de anaerobiose, porém não promoveu eficiente modificação de atmosfera.
- A embalagem de poliolefina com modificação de atmosfera ativa (0% de O₂ / 5% de CO₂) não apresentou diferença significativa (p <0,05) em relação à atmosfera passiva nas temperaturas de armazenamento de 5 e 10 °C, para os parâmetros físicos e químicos avaliados.
- A embalagem de poliolefina com atmosfera modificada ativa (0% de O₂ / 5% de CO₂) inibiu a taxa respiratória e produção de etileno, mas essa diminuição não se converteu em maior aceitação do produto nem em maior retenção de vitamina C.

- A couve minimamente processada armazenada nas embalagens de poliolefina, nos sistemas com modificação ativa e passiva, manteve o seu teor inicial de vitamina C e teve boa aceitação por parte do consumidor até 12 dias de armazenamento à temperatura de 10 °C e até 20 dias na temperatura de 5 °C, tempo máximo de duração dos experimentos.

Recomenda-se a conservação da couve minimamente processada em embalagens com permeabilidade a oxigênio próxima a 9.500 (cm³(CNTP)/m²/dia) e a gás carbônico próxima a 28.000 (cm³(CNTP)/m²/dia).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHVENAINEN, R. New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. **Trends Food Sci. Tech.**, June v.7, p. 179-187, 1996.
- BARTH, M.M.; KERBEL, S.L.; BROUSSARD, S. e SCHIMIDT, S.J. Modified atmosphere packing protects market quality in broccoli spears under ambient temperature storage. **Journal Food Science**, v.58, n.5, p. 1070-1072, 1993.
- BEAUDRY, R.M. Effect of O₂ and CO₂ partial pressure on selected phenomena affecting fruit and vegetable quality. **Postharvest Biology and Technology**, v.15, p.293-303, 1999.
- BEAUDRY, R.M.; CAMERON, A.C.; SHIRAZI, A. e DOSTAL-LANGE, D.L. Modified-atmosphere packaging of blueberry fruit, effect of temperature on package O₂ and CO₂. **J.Amer. Soc. Hort. Sci.**, v.117, n.3, p. 436-441, 1992.
- BEAULIEU, J.C., OLIVEIRA, F.A.R., FERNADES, T.D., FONSECA, S.C. e BRECHT, J.K. Fresh-cut kale: quality assessment of portuguese storage-supplied product for development of a MAP system. **CA'97 proceedings**, v.5, p. 145-151, 1997.
- BITTENCOURT, M.T. **Atividade microbiana em couve (*Brassica oleracea*, L. var. *acephala*) minimamente processada**. Viçosa, MG.:

UFV, 79 p., 2000. Dissertação, (Microbiologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, 2000.

BOERSIG, M. R.; KADER, A.A. e ROMANI, R.J. Aerobic-anaerobic respiratory transition in pear fruit and cultured pear fruit cells. **J.Amer. Soc. Hort. Sci.**, v.113, n.6, p. 869-873, 1988.

BOLIN, H.R.; STAFFORD, A.D.; KING JR., A.D. e HUXSOLL, C.C. Factors affecting the storage stability of shredded lettuce. **Journal Food Science**, v.42, n.5, p. 1319-1321, 1977.

BRECHT, J.K. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. **Hortscience**, v.30, n.1, p. 18-24, 1995.

CAMERON, A.C.; BEAUDRY, R.M.; BANKS, N.H. e YELANICH, M.V. Modified-atmosphere packaging of blueberry fruit, modeling respiration and package oxygen partial pressures as a function of temperature. **J.Amer. Soc. Hort. Sci.**, v.119, n.3, p. 534- 539, 1994.

CAMERON, A.C.; TALASILA, P.C. e JOLES, D.W. Predicting film permeability needs for modified atmosphere packaging of lightly processed fruits and vegetables. **Hortscience**, v.30, n.1, p. 25-34, 1995.

CANTWELL, M. Postharvest handling systems: Minimally processed fruits and vegetables. Ed. A.A. Kader In: **Postharvest technology of horticultural crops**, 2ed. Davis: Univ. California, Division of horticultural and natural resources, p. 277-281, 1992.

CANTWELL, M. Preparation and quality of fresh cut produce. In: **II encontro nacional sobre processamento mínimo de frutas e hortaliças**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, p. 156-182, 2000.

CARNELOSSI, M.A.G. **Fisiologia pós colheita de folhas de couve (*Brassica oleracea*, L. var. *acephala*) minimamente processada**. Viçosa, MG.: UFV, 79 p., 2000. Dissertação, (Doutorado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, outubro de 2000.

DAY, B.P.F. Fruits and vegetables. In: R.T. PARRY, (Ed.). **Principles and applications of modified atmosphere packaging of food**, 1ed. Chapman e Hall, London, p. 114-133, 1993.

DELIZA, R. Importância da qualidade sensorial em produtos minimamente processados. In: **II encontro nacional sobre processamento mínimo**

de frutas e hortaliças. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, p. 73-74, 2000.

EXAMA, A.; ARUL, J.; LENCKI, R.W.; LEE, L.Z. e TOUPIN, C. Suitability of plastic films for modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. **Journal Food Science**, v.58, n.6, p. 1365-1370, 1993.

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

FORNEY, C.F. e JORDAN M.A. Anaerobic production of methanethiol and other compounds by *Brassica* vegetables. **Hortscience**, v.34, n.4, p. 696-699, 1999.

GERALDINE, R.M. **Parâmetros tecnológicos para o processamento mínimo de alho (*Allium sativum* L.).** Viçosa, MG.: UFV, 84 p., 2000. Dissertação, (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, 2000.

HEIMDAL, H.; KÜHN, B.F.; POLL, L. e LARSEN, L.M. Biochemical changes and sensory quality of shredded and MA-packaged iceberg lettuce. **Journal Food Science**, v.60, n.6, p. 1265-1268, 1276, 1995.

HINTLIAN, C.B. e HOTCHKISS, J.H. The safety of modified atmosphere packaging, A Review. **Food Technology**, December, p. 70-76, 1986.

HUXSOLL, C.C. e BOLIN, H.R. Processing and distribution alternatives for minimally processed fruits and vegetables. **Food Technology**, v.43, p. 124-128, 1989.

IFPA. Fresh-cut produce handling guidelines. 3 ed., Produce Marketing association, Newark, 39 p., 1999.

KADER, A.A. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. **Food Technology**, may, p. 99-104, 1986.

KADER, A.A. Modified Atmospheres during transport and storage. In: **Postharvest technology of horticultural crops**, 2ed. Davis: Univ. California, Division of horticultural and natural resources, p. 85-92, 1992.

- KADER, A.A.; SINGH, R.P. e MANNAPPERUMA, J.D. Technologies to extend the refrigerated shelf life of fresh fruits. (Eds.) I.A. TAUB e , R.P. SINGH. In: **Postharvest technology of horticultural crops**, 2ed. CRC Press, p. 419-434, 1998.
- KAJI, H.; UENO, M. e OSAJIMA, Y. Storage of shredded cabbage under a dynamically controlled atmosphere of high oxygen and high carbon dioxide. **Bioscience Biotechnology Biochemistry**, v.57, p. 1049-1072, 1993.
- KAYS, S.J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. New York, , van Nostrand Reinhold. 532 p., 1991.
- KING, A.D. e BOLIN, H.R. Physiological and microbiological storage stability of minimally processed fruits and vegetables. **Food Technology**. v.43, p. 132-139, 1989.
- KLEIN, B.P. Nutritional consequences of minimal processing of fruits and vegetables. **Journal Food Quality**, v. 10, p. 179-193, 1987.
- KO, N.P.; WATADA, A.E.; SCHLIMME, D.V. e BOUWKAMP, J.C. Storage of spinach under low atmosphere above the extinction point. **Journal Food Science**, v.61, p. 398-400, 406, 1996.
- LEE, D.S.; HAGGAR, P.E.; LEE, J. e YAM, K.L. Model of fresh produce respiration in modified atmospheres based on principles of enzyme kinetics. **Journal Food Science**, v.56, n.6, p. 1580-1585, 1991.
- LESHUK, J.A. e SALVEIT Jr., M.E. A simple system for the rapid determination of the anaerobic compensation point of plant tissue. **Hortscience**, v.25, n.4, p. 480-482, 1990.
- LÓPEZ-GÁLVEZ, G.; PEISER, G., NIE, X e CANTWELL, M.. The visual quality of minimally processed lettuces stored in air or controlled atmosphere with emphasis on romaine and iceberg types. **Z Lebensm Unters Forsch A**, 205, p. 64-72, 1997.
- MEDINA, V.M. **Crescimento e senescência foliar da couve (*Brassica oleracea*, L. var. *acephala*)** Viçosa, MG: UFV, 65 p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal)- Universidade Federal de Viçosa, 1991.

- OSÓRNIO, M.M.L. e CHAVES, A.R. Quality changes in stored raw grated beetroots as affected by temperature and packaging film. **Journal of Food Science**, v.63, n.2, p. 327-330, 1998.
- PARRY, R.T. **Principles and applications of modified atmosphere packaging of food**, 1ed. Chapman e Hall, London, 305 p., 1993.
- POWRIE, W.D. e SKURA, B.J. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. (Eds) B. OORAIKUL e M.E. STILES, In: **Modified atmosphere packaging of food**, Chichester, Ellis Horwood. p. 169-245, 1991.
- ROBERTSON, G.L. Packing of horticultural products, In: **Food packing**. New York, Marcel Dekker. p. 470-506, 1993.
- SARANTOPOULOS, C.I.G.L. Quality and shelf life of fresh-cut collard (*Brassica oleracea* var. *acephala*) affected by cutting method and modified atmosphere packages. **(Comunicação pessoal)**. Campinas-SP, 2001.
- SCHLIME, D.V. Marketing Lightly processed fruits and vegetables. **Hortscience**, v.30, n.1, p. 15-17, 1995
- SHEWFELT, R.L. Postharvest treatment for extending the shelf life of fruits and vegetables. **Food Technology**, may 1986, p. 70-80, 1986.
- SIMONS, L.K.; SANGUANSRI, P. Advances in the washing of minimally processed vegetables. **Food Austrália**, v.49, n.2, p. 75-80, 1997.
- TALASILA, P.C.; CAMERON, A.C.; JOLLES, D.W. Frequency distribution of steady-state oxygen partial pressures modified atmosphere packages of cut broccoli. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, v.119, n.3, p. 556- 562, 1994.
- THOMPSON, A.K. **Controlled atmosphere storage of fruits and vegetables**, CAB International, Wallingford, UK, 278 p., 1998.
- WANG, C.Y. Physiological and biochemical effects of controlled atmospheres on fruits and vegetables. (Ed.). M. Calderon e R. Barkay-Golan, In: **Food preservation by modified atmospheres**. CRC Press, Boca Raton, Flórida, 1990.
- WATADA, A.E. e QI, L. Quality of fresh-cut produce. **Postharvest Biology and Technology**. v.15, p. 201-205, 1999a.

- WATADA, A.E.; KO, N.P. e MINNOT, D.A. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. **Postharvest Biology and Technology**, v.9, p. 115-125, 1996.
- WATADA, A.E. e QI, L. Quality control of minimally processed vegetables. **Acta Horticulture**, v.483, p. 209-218, 1999b.
- WILEY, R.C. **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables**. Chapman and Hall. London. 357 p., 1994.
- YANG, C.C. e CHINNAN, M.S. Modeling effect of O₂ e CO₂ on respiration and quality of stored tomatoes. Transactions of ASAE. 31(3), p.920, 1988.
- ZAGORY, D. Controlled and modified atmospheres: I General aspects of film technology and selection. **Fresh-cut products: Maintaining quality and safety**, 14-16 September, Davis - CA, 1999a.
- ZAGORY, D. Controlled and modified atmospheres: II Advances in MAP. **Fresh-cut products: Maintaining quality and safety**, 14-16 September, Davis - CA, 1999b.
- ZAGORY, D. Principles and practice of modified-atmospheres packaging of horticultural commodities. (Eds.) J.M. Faber e K.L. Dodds, In: **Principles of modified-atmospheres and sous vide product packaging**. Lancaster, Canadá, p. 175-206, 1995.

APÊNDICES

Quadro 1A - Resumo da análise de variância das características físico-químicas avaliadas em couve minimamente processada armazenada em dois sistemas de modificação de atmosfera, à temperatura de 5 °C

FV	GL		QM					
		Vit. C	Brix	Text	L*	a*	b*	Croma
EMBALAGEM	1	10,419 ^{ns}	0,403 ^{ns}	0,946 ^{ns}	11,517 ^{ns}	9,652 ^{ns}	0,364 ^{ns}	5,645 ^{ns}
Erro a	6	161,07	1,309	1,309	5,264	17,664	8,234	24,032
Tempo	4	2291,26 ^{***}	0,796 [*]	10,352 ^{**}	150,375 ^{***}	171,889 ^{***}	37,110 ^{**}	198,076 ^{***}
Embal. x Tempo	4	221,16 ^{ns}	0,081 ^{ns}	2,346 ^{ns}	7,54 ^{ns}	7,540 ^{ns}	3,913 ^{ns}	7,088 ^{ns}
Erro b	24	574,30	0,21	1,48	23,613	23,613	6,595	27,128

* Diferença significativa (P<0,05), pelo teste F. ** Diferença significativa (P<0,01), pelo teste F. *** Diferença significativa (P<0,001), pelo teste F.

Quadro 2A - Resumo da análise de variância das características físico-químicas avaliadas em couve minimamente processada armazenada em dois sistemas de modificação de atmosfera, à temperatura de 10 °C

FV	GL		QM					
		Vit. C	Brix	Text	L*	a*	b*	Croma
EMBALAGEM	1	6,145 ^{ns}	0,044 ^{ns}	2,971 ^{ns}	0,112 ^{ns}	2,490 ^{ns}	9,513 ^{ns}	8,276 ^{ns}
Erro a	6	30,076	0,2096	4,483	14,416	43,602	9,763	46,276
Tempo	4	601,427 ^{***}	1,896 ^{***}	10,910 ^{**}	68,482 ^{***}	105,184 ^{**}	22,179 ^{ns}	121,865 [*]
Embal. x Tempo	4	24,989 ^{ns}	0,287 ^{ns}	1,171 ^{ns}	5,130 ^{ns}	3,331 ^{ns}	2,208 ^{ns}	4,872 ^{ns}
Erro b	24	27,587	0,105	2,363	7,570	20,871	12,534	30,256

* Diferença significativa ($P < 0,05$), pelo teste F. * * Diferença significativa ($P < 0,01$), pelo teste F. * * * Diferença significativa ($P < 0,01$), pelo teste F.

Quadro 3A - Análise de variância da concentração de gases em dois sistemas de modificação de atmosfera, contendo couve minimamente processada, armazenada a 5 °C

FV	GL	QM		
		Oxigênio	Gás Carbônico	Etileno
Embalagem	1	446,387***	0,353*	13,460***
Erro a	6	0,789	0,051	0,138
Tempo	8	40,956***	8,354***	2,267***
Tempo x Embalagem	8	103,099***	7,129***	2,777***
Erro b	48	0,683	0,053	0,069

* Diferença significativa (P<0,05), pelo teste F. ** Diferença significativa (P<0,01), pelo teste F. *** Diferença significativa (P<0,001), pelo teste F.

Quadro 4A - Análise de variância da concentração de gases em dois sistemas de modificação de atmosfera, contendo couve minimamente processada, armazenada a 10 °C

FV	GL	QM		
		Oxigênio	Gás Carbônico	Etileno
Embalagem	1	627,074***	1,390***	12,862***
Erro a	6	0,326	0,124	0,001
Tempo	6	60,502***	5,716***	3,420***
Tempo x Embalagem	6	100,385***	8,853***	3,420***
Erro b	36	13,974	0,073	0,0265

* Diferença significativa (P<0,05), pelo teste F. ** Diferença significativa (P<0,01), pelo teste F. *** Diferença significativa (P<0,001), pelo teste F.

Quadro 5A - Quadro de médias da concentração de oxigênio no interior de embalagens armazenadas a 5 °C

FV	Média	
	Poliolefina AM Ativa	Poliolefina AM Passiva
0 dia	0,00 B	20,00 A
1 dia	0,15 B	12,60 A
2 dias	1,50 B	7,97 A
3 dias	1,20 B	6,73 A
4 dias	1,81 B	3,62 A
5 dias	2,24 A	3,09 A
10 dias	5,12 A	5,64 A
15 dias	6,94 A	5,80 A
20 dias	5,13 A	3,48 B

Médias seguidas por pelo menos uma mesma letra não diferem significativamente (P<0,01), pelo teste de Tukey.

Quadro 6A - Quadro de médias da concentração de gás carbônico no interior de embalagens armazenadas a 5 °C

FV	Média	
	Poliolefina AM Ativa	Poliolefina AM Passiva
0 dia	5,0 A	0,0 B
1 dia	4,30 A	4,51 A
2 dias	3,92 B	5,18 A
3 dias	3,14 B	4,24 A
4 dias	3,56 B	4,40 A
5 dias	2,75 A	2,98 A
10 dias	2,15 A	1,95 A
15 dias	1,93 A	2,08 A
20 dias	2,18 A	2,33 A

Médias seguidas por pelo menos uma mesma letra não diferem significativamente ($P < 0,01$), pelo teste de Tukey.

Quadro 7A - Quadro de medias da concentração de etileno no interior de embalagens armazenadas a 5 °C

FV	Média	
	Poliolefina AM Ativa	Poliolefina AM Passiva
0 dia	0,0 A	0,0 A
1 dia	0,04 B	3,21 A
2 dias	0,0 B	2,43 A
3 dias	0,0 B	1,24 A
4 dias	0,39 A	0,76 A
5 dias	0,21 A	0,34 A
10 dias	0,04 A	0,16 A
15 dias	0,08 A	0,51 A
20 dias	0,45 A	0,35 A

Médias seguidas por pelo menos uma mesma letra não diferem significativamente ($P < 0,01$), pelo teste de Tukey.

Quadro 8A - Valores de b_0 , b_1 e b_2 para as equações de regressão dos modelos ajustados de concentração de gases no espaço livre, em função do tempo dentro da embalagem de poliolefina com atmosfera modificada ativa, para a couve minimamente processada armazenada a 5 °C

FV	Gás em função do tempo				Modelo
	b_0	B_1	b_2	R^2	
Oxigênio	-0,53	0,32***	—	0,818	Linear
Oxigênio	-0,54	0,806**	0,025**	0,945	Quadrático
Gás Carbônico	4,08	0,130**	—	0,706	Linear
Gás Carbônico	4,719	0,419***	0,015**	0,947	Quadrático
Etileno	NÃO AJUSTÁVEL				

* Diferença significativa ($P < 0,05$), pelo teste F. * * Diferença significativa ($P < 0,01$), pelo teste F. * * * Diferença significativa ($P < 0,001$), pelo teste F.

Quadro 9A - Valores de b_0 , b_1 e b_2 para as equações de regressão dos modelos ajustados de concentração de gases no espaço livre em função do tempo dentro da embalagem de poliolefina com atmosfera modificada passiva, para a couve minimamente processada armazenada a 5 °C

FV	Gás em função do tempo				Modelo
	b_0	b_1	b_2	R^2	
Oxigênio	10,60	-0,442	—	0,309	Linear
Oxigênio	14,077	2,009*	0,080*	0,576	Quadrático
Gás Carbônico	3,255	0,061	0,007	0,197	Linear
Gás Carbônico	1,217	2,596*	-0,582*	0,499	Raiz Quadrada
Etileno	NÃO AJUSTÁVEL				

* Diferença significativa ($P < 0,05$), pelo teste F.

Quadro 10A - Quadro de medias da concentração de Oxigênio no interior de embalagens armazenadas a 10 °C

FV	Média	
	Poliolefina AM	Poliolefina AM
	Ativa	Passiva
0 dia	0,146 B	20,0 A
1 dia	0,33 B	12,03 A
2 dias	1,42 B	9,63 A
3 dias	2,78 A	6,16 A
6 dias	2,77 A	4,19 A
9 dias	2,51 A	4,10 A
12 dias	1,10 A	1,82 A

Médias seguidas por pelo menos uma mesma letra, não diferem significativamente ($P < 0,01$), pelo teste de Tukey.

Quadro 11A - Quadro de médias da concentração de gás carbônico no interior de embalagens armazenadas a 10 °C

FV	Média	
	Poliiolefina AM Ativa	Poliiolefina AM Passiva
0 dia	5,00 A	0,00 B
1 dia	4,60 A	4,82 A
2 dias	3,32 B	4,47 A
3 dias	2,73 B	3,58 A
6 dias	2,45 A	2,48 A
9 dias	2,48 A	2,72 A
12 dias	2,700 A	3,00 A

Médias seguidas por pelo menos uma mesma letra não diferem significativamente ($P < 0,01$), pelo teste de Tukey.

Quadro 12A - Quadro de medias da concentração de etileno no interior de embalagens armazenadas a 10 °C.

FV	Média	
	Poliiolefina AM Ativa	Poliiolefina AM Passiva
0 dia	0,0 A	0,0 A
1 dia	0,0 B	3,67 A
2 dias	0,0 B	1,56 A
3 dias	0,0 B	0,67 A
6 dias	0,0 A	0,06 A
9 dias	0,0 B	0,25 A
12 dias	0,0 B	0,50 A

Médias seguidas por pelo menos uma mesma letra não diferem significativamente ($P < 0,01$), pelo teste de Tukey.

Quadro 13A - Valores de b_0 , b_1 e b_2 para as equações de regressão dos modelos ajustados de concentração de gases no espaço livre em função do tempo dentro da embalagem de poliolefina com atmosfera modificada ativa, para a couve minimamente processada armazenada a 10 °C

FV	Gás em função do tempo				Modelo
	b_0	b_1	b_2	R^2	
Oxigênio	-0,022	0,914**	0,069**	0,894	Quadrático
Gás Carbônico	4,891	0,707**	0,045**	0,906	Quadrático
Etileno	NÃO AJUSTÁVEL				

* Diferença significativa ($P<0,05$), pelo teste F. * * Diferença significativa ($P<0,01$), pelo teste F. * * * Diferença significativa ($P<0,001$), pelo teste F.

Quadro 14A - Valores de b_0 , b_1 e b_2 para as equações de regressão dos modelos ajustados de concentração de gases no espaço livre em função do tempo dentro da embalagem de poliolefina com atmosfera modificada passiva, para a couve minimamente processada armazenada a 10 °C

FV	Gás em função do tempo				Modelo
	b_0	b_1	b_2	R^2	
Oxigênio	13,779	1,168**	—	0,697	Linear
Oxigênio	16,912	3,417*	0,190*	0,880	Quadrático
Gás Carbônico	0,737	3,449*	-0,883*	0,573	Raiz Quadrada
Etileno	NÃO AJUSTÁVEL				

* Diferença significativa ($P<0,05$), pelo teste F. * * Diferença significativa ($P<0,01$), pelo teste F.

Quadro 15A - Resumo da análise de variância da análise sensorial em couve minimamente processada armazenada em três sistemas de modificação de atmosfera, à temperatura de 5 °C

FV	GL	QM
		Aceitação
Embalagem	2	141,261**
Erro a	426	2,795
Tempo	4	36,69625**
Tempo x Embalagem	8	42,6045**
Erro b	1563	2,859539

* Diferença significativa ($P<0,05$), pelo teste F. * * Diferença significativa ($P<0,01$), pelo teste F.

Quadro 16A - Valores de b_0 , b_1 e b_2 para as equações de regressão dos modelos ajustados para aceitação em função do tempo, para a couve minimamente processada armazenada a 5 °C

FV	b_0	b_1	b_2	R^2
Sensor. Dentro/Pol AMA ¹	7,0584	0,06242	-0,00265	0,4872
Sensor. Dentro/ Pol AMP ²	6,5858	0,06437	0,00234	0,5349
Sensor. Dentro/PVC ³	7,3747	-0,09999	—	0,7615

¹ Poliolefina multicamadas com atmosfera modificada ativa

² Poliolefina multicamadas com atmosfera modificada passiva

³ Policloreto de vinila

Quadro 17A - Resumo da análise de variância da análise sensorial em couve minimamente processada armazenada em três sistemas de modificação de atmosfera, à temperatura de 10 °C

FV	GL	QM
		Aceitação
Embalagem	2	222,065**
Erro a	420	2,983881
Tempo	4	40,2775**
Tempo x Embalagem	8	132,5138**
Erro b	1568	3,05301

* Diferença significativa ($P < 0,05$), pelo teste F. * * Diferença significativa ($P < 0,01$), pelo teste F.

Quadro 18A - Valores de b_0 , b_1 e b_2 para as equações de regressão dos modelos ajustados para aceitação em função do tempo, para a couve minimamente processada armazenada a 10 °C

FV	b_0	b_1	b_2	R^2
Sensor. Dentro/Pol AMA ¹	6,5178	0,2535	-0,01403	0,9617
Sensor. Dentro/ Pol AMP ²	6,4262	0,2137	-0,01205	0,8637
Sensor. Dentro/PVC ³	7,8672	-0,2861	—	0,9438

¹ Poliolefina multicamadas com atmosfera modificada ativa

² Poliolefina multicamadas com atmosfera modificada passiva

³ Policloreto de vinila

Quadro 19A - Quadro de médias da aceitação da couve minimamente processada armazenada 5 °C

FV	Médias		
	Poliolefina AM Ativa	Poliolefina AM Passiva	PVC ¹ AM Passiva
0 dia	7,10 A	6,47 B	6,83 AB
5 dias	7,15 A	7,10 A	7,47 A
10 dias	7,63 A	6,92 B	6,50 B

15 dias	7,27 A	6,87 A	6,00 B
20 dias	7,27 A	7,02 A	5,06 B

Médias seguidas por pelo menos uma mesma letra não diferem significativamente ($P < 0,05$), pelo teste de Tukey.

¹ Policloreto de vinila

Quadro 20A - Quadro de médias da aceitação da couve minimamente processada armazenada 10 °C

FV	Médias		
	Poliolefina AM Ativa	Poliolefina AM Passiva	PVC ¹ AM Passiva
0 dia	6,54 B	6,32 B	7,63 A
3 dias	7,14 A	7,19 A	6,95 A
6 dias	7,43 A	7,20 A	6,69 B
9 dias	7,81 A	7,24 B	5,34 C
12 dias	7,48 A	7,34 A	4,14 B

Médias seguidas por pelo menos uma mesma letra não diferem significativamente ($P < 0,05$), pelo teste de Tukey.

¹ Policloreto de vinila