

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**MORANGO PROCESSADO MINIMAMENTE E
CONSERVADO SOB REFRIGERAÇÃO E ATMOSFERA
CONTROLADA**

INGRID VIEIRA MACHADO DE MORAES

CAMPINAS
NOVEMBRO DE 2005

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

M921m Moraes, Ingrid Vieira Machado de
Morango processado minimamente e conservado sob
refrigeração e atmosfera controlada / Ingrid Vieira Machado
de Moraes. --Campinas, SP: [s.n.], 2005.

Orientadores: Benedito Carlos Benedetti, Sérgio Agostinho
Cenci

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Morango. 2. Frutas - Processamento. 3. Controle de
temperatura. 4. Alimentos – Avaliação sensorial. 5.
Avaliação sensorial. 6. Controle atmosférico. I. Benedetti,
Benedito Carlos. II. Cenci, Sérgio Agostinho. III.
Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de
Engenharia Agrícola. III. Título.

Título em Inglês: Fresh-cut strawberry stored under refrigeration and
controlled atmosphere

Palavras-chave em Inglês: *Fragaria x ananassa* Duch, Strawberry, Minimally
processing, Atmospheric control, Temperature
control, Sensorial analysis

Área de concentração: Tecnologia Pós-Colheita

Titulação: Mestre em Engenharia Agrícola

Banca examinadora: José Maria Monteiro Sigrist, José Fernando Durigan,
Sylvio Luis Honório

Data da defesa: 07/11/2005

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**MORANGO PROCESSADO MINIMAMENTE E
CONSERVADO SOB REFRIGERAÇÃO E ATMOSFERA
CONTROLADA**

Dissertação submetida à banca examinadora
para obtenção do título de Mestre em
Engenharia Agrícola, na área de concentração
Tecnologia de Pós-Colheita.

INGRID VIEIRA MACHADO DE MORAES

Orientador: Prof. Dr. Benedito Carlos Benedetti

Co-Orientador: Dr. Sérgio Agostinho Cenci

CAMPINAS
NOVEMBRO DE 2005

“Liberdade é uma palavra que o sonho humano alimenta. Não há ninguém que a explique e ninguém que não entenda.”

(Cecília Meirelles)

*À minha mãe Cibele, ao meu pai Paulo e ao meu irmão
Rodrigo,*

**com quem dividi todos os pesares e alegrias dessa
batalha, que sempre estiveram me incentivando a
prosseguir, que me deram força, carinho, amor e que se
mostraram sempre presentes,**

dedico.

AGRADECIMENTOS

À Embrapa Agroindústria de Alimentos – CTAA, por ter possibilitado a realização deste trabalho, dando todo o suporte necessário para a realização dos experimentos. Ao Chefe Geral do Centro Dr. Amauri Rosenthal e os Chefes Adjuntos de P & D, Dr^a Regina Isabel Nogueira, e de Administração, Dr. Marcos Maia, por terem possibilitado o estabelecimento da parceria FEAGRI/ CTAA, pela amizade e total apoio à execução deste projeto.

À FEAGRI, por ter me aceitado como aluna de mestrado e por ter me acolhido de forma maravilhosa durante o ano de 2003.

À CAPES, pela concessão da minha bolsa de mestrado e ao CNPq, pelo financiamento do projeto de pesquisa.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Benedito Carlos Benedetti, pela orientação, pelo carinho e pelo apoio nos momentos difíceis.

Ao meu co-orientador, Dr. Sérgio Agostinho Cenci, pela orientação, pela dedicação a este trabalho e pelo apoio nos momentos de decisão.

Ao Pesquisador Dr. Antônio Gomes Soares, pela amizade, pela paciência, pelo carinho, pela disponibilidade e total dedicação em ajudar na montagem e execução dos experimentos e na avaliação estatística dos resultados.

À Engenheira de Alimentos Alexandra Mara, pelo companheirismo, pela incansável dedicação e inestimável auxílio na execução deste projeto.

Aos Pesquisadores Dr^a Neide Botrel, Dr. Ronoel Luiz Godoy, Dr. Marcos Fonseca e Dr. Murillo Freire, pela orientação e pela ajuda nos momentos de dúvida e durante a montagem dos experimentos.

Aos assistentes de pesquisa Henriqueta Talita, Mário Ferreira, Marco Antunes, Manuela Araújo, Jeane Santos e Aline Leandro, pela disponibilidade e incomparável colaboração na execução dos experimentos.

À Eng^a. Agr. Josane Resende, pela amizade, pelo companheirismo e pela força nos momentos difíceis.

À André Luis Bonnet e Carlos Alexandre Oliveira, pela amizade, pela orientação e pela boa vontade de estar sempre ajudando.

À Pesquisadora Dr^a Rosires Deliza, pela paciência e solicitude em ajudar e orientar, e por todo apoio na realização dos testes sensoriais e interpretação dos resultados.

Ao Pesquisador da Embrapa Hortaliças Dr. Celso Luiz Moretti, pela amizade, pelo carinho e por sua inestimável contribuição nos momentos de dúvida.

Aos Pesquisadores Otniel Freitas e Edna Maria Morais Oliveira pela amizade, pelo carinho e disponibilidade de compartilhar sala e computador.

Aos membros da minha banca examinadora, Dr. José Maria Monteiro Sigrist, Dr. José Fernando Durigan e Dr. Sylvio Luís Honório, pela correção da dissertação e pelas sugestões bastante pertinentes.

À Rodrigo Cardoso de Melo Tardivo, por ter dividido comigo os momentos de alegria e de tristeza enquanto estivemos juntos, por ter sido leal e incontestavelmente amigo.

Ao Assistente de Operações Flávio Quitério e ao bolsista Eng. Agr. Roberto, pela inestimável contribuição durante a montagem dos experimentos e pela ajuda na realização das análises microbiológicas.

Aos Pesquisadores e meus grandes amigos Dr^a Virgínia Matta, Dr^a Angela Furtado, Dr. Edmar Penha, Dr^a Lourdes Cabral, por toda a dedicação, por todo carinho e por toda a boa vontade que tiveram em me ajudar durante essa caminhada.

Ao Pesquisador Dr. Viktor Wilberg, pela inestimável ajuda na interpretação dos resultados de algumas análises.

À bibliotecária Luciana Sampaio, pela ajuda e pela boa vontade de fazer a correção das referências bibliográficas.

À Rosália Favoretto, à Francisco F. de Oliveira e à Rosa Helena Aguiar, do laboratório de Pós-Colheita da Feagri, pela ajuda na condução de alguns pré-testes e pelo carinho.

À minha amiga Françoise, por ter sido paciente e companheira durante o tempo em que moramos juntas.

À Letícia Viviani e Carolina Moraes, pela amizade e pelo companheirismo, principalmente durante a minha estadia em Campinas.

Aos meus amigos Adrina Slongo, Felipe Gonzaga, Janine Fiorot, Manuela Bergamim, Leonardo Santana, Ligia Arantes, Eleonora Erdmann, Simone Semionato e todos os outros que estiveram sempre presentes durante as minhas conquistas.

Aos meu pais, Paulo e Cibele, e ao meu irmão, Rodrigo, por todo o amor, por todo o carinho e apoio, e por serem a melhor família que eu poderia ter...

À todos aqueles que de uma forma ou outra contribuíram para a conclusão deste trabalho...

À DEUS, pela vida...

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE TABELAS.....	xii
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT.....	xv
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	4
2.1. Matéria Prima.....	4
2.1.1. Importância Econômica.....	5
2.2. Pós-Colheita.....	6
2.2.1. Produtos Processados Minimamente – Definição e Mercado.....	7
2.2.2 Fatores Determinantes da Qualidade e da Vida Útil de Frutas e Hortaliças Processadas Minimamente.....	8
2.2.2.1. Qualidade da Matéria-Prima.....	8
2.2.2.2. Operações do Processamento Mínimo.....	9
2.2.2.3. Controle da Temperatura.....	12
2.2.2.4. Controle da Atmosfera Gasosa.....	14
2.2.3. Alterações Decorrentes do Processamento Mínimo e da Conservação pelo Uso de Atmosfera Controlada.....	17
2.2.3.1. Respiração.....	17
2.2.3.2. Vitamina C.....	18
2.2.3.3. Perda de Água.....	20
2.2.3.4. Firmeza.....	21
2.2.3.5. Acidez e pH.....	22
2.2.3.6. Teor de Antocianinas.....	24
2.2.3.7. Desenvolvimento de sabores e odores estranhos.....	28
2.2.3.8. Alterações microbiológicas.....	29
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	31
3.1. Matéria-Prima.....	31
3.2. Processamento Mínimo.....	31

3.3. Acondicionamento sob Atmosfera Controlada.....	33
3.4. Análises Físicas e Físico-Químicas.....	34
3.4.1. Perda de Massa.....	34
3.4.2. Cor Instrumental.....	34
3.4.3. Firmeza.....	34
3.4.4. pH.....	35
3.4.5. Acidez Titulável (AT).....	35
3.4.6. Sólidos Solúveis Totais (SST).....	35
3.4.7. Açúcares (Glicose, Frutose e Sacarose).....	35
3.4.8. Antocianinas Totais.....	35
3.5. Análise Sensorial.....	36
3.6 Análises Microbiológicas.....	39
3.7. Análise Estatística.....	40
3.7.1. Análises Físicas e Físico-Químicas.....	40
3.7.2. Análise Sensorial.....	40
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
4.1. Análises Físicas e Físico-Químicas.....	41
4.1.1. Perda de Massa.....	41
4.1.2. Firmeza.....	43
4.1.3. pH.....	46
4.1.4. Acidez Titulável (AT).....	47
4.1.5. Sólidos Solúveis (SS).....	50
4.1.6. Açúcares.....	51
4.1.6.1. Sacarose.....	51
4.1.6.2. Frutose.....	52
4.1.6.3. Glicose.....	53
4.1.7. Antocianinas Totais.....	55
4.1.8. Cor Instrumental.....	57
4.2. Análise Sensorial.....	62
4.2.1. Atributos de Aparência.....	62
4.2.2. Atributos de Textura e Sabor.....	72

4.3. Análises Microbiológicas.....	81
5. CONCLUSÃO.....	84
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	85
ANEXOS.....	95

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Transformações estruturais da pelargonidina 3-glicosídeo.....	26
Figura 2. Fluxograma do processamento mínimo de morango.....	32
Figura 3. Variação da perda de massa em morangos processados minimamente e mantidos sob atmosfera controlada, a 5°C (a) e a 10°C (b) e 85% UR.....	42
Figura 4. Variação da firmeza em morangos processados minimamente e mantidos sob atmosfera controlada, a 5°C (a) e a 10°C (b) e 85% UR.....	44
Figura 5. Variação do pH em morangos processados minimamente e mantidos sob atmosfera controlada, a 5°C (a) e a 10°C (b) e 85% UR.....	46
Figura 6. Variação da acidez titulável em morangos processados minimamente e mantidos sob atmosfera controlada, a 5°C (a) e a 10°C (b) e 85% UR.....	48
Figura 7. Variação dos sólidos solúveis em morangos processados minimamente e mantidos sob atmosfera controlada, a 5°C (a) e a 10°C (b) e 85% UR.....	50
Figura 8. Variação do teor de frutose em morangos processados minimamente e mantidos sob atmosfera controlada, a 5°C (a) e a 10°C (b) e 85% UR.....	53
Figura 9. Variação do teor de glicose em morangos processados minimamente e mantidos sob atmosfera controlada, a 5°C (a) e a 10°C (b) e 85% UR.....	54
Figura 10. Variação do teor de antocianinas totais em morangos processados minimamente e mantidos sob atmosfera controlada, a 5°C (a) e a 10°C (b) e 85% UR.....	56
Figura 11. Variação do valor <i>a</i> em morangos processados minimamente e mantidos sob atmosfera controlada, a 5°C (a) e a 10°C (b) e 85% UR.....	58
Figura 12. Variação da luminosidade (valor <i>L</i>) em morangos processados minimamente e mantidos sob atmosfera controlada, a 5°C (a) e a 10°C (b) e 85% UR.....	59
Figura 13. Variação da luminosidade na região do corte (valor <i>L</i>) em morangos processados minimamente e mantidos sob atmosfera controlada, a 5°C (a) e a 10°C (b) e 85% UR.....	61
Figura 14. Resultados do atributo ‘intensidade de cor vermelha’ em morangos processados minimamente e mantidos sob atmosfera controlada, a 5°C (a) e a 10°C (b) e 85% UR.....	63

Figura 15. Resultados para o atributo ‘brilho’ em morangos processados minimamente e mantidos sob atmosfera controlada, a 5°C (a) e a 10°C (b) e 85% UR.....	64
Figura 16. Resultados para o atributo ‘murcha’ em morangos processados minimamente e mantidos sob atmosfera controlada, a 5°C (a) e a 10°C (b) e 85% UR.....	66
Figura 17. Resultados para o atributo ‘presença de injúrias’ em morangos processados minimamente e mantidos sob atmosfera controlada, a 5°C (a) e a 10°C (b) e 85% UR.....	68
Figura 18. Resultados para o atributo ‘incidência de fungos’ em morangos processados minimamente e mantidos sob atmosfera controlada, a 5°C (a) e a 10°C (b) e 85% UR.....	69
Figura 19. Resultados para o atributo ‘ressecamento na região do corte’ em morangos processados minimamente e mantidos sob atmosfera controlada, a 5°C (a) e a 10°C (b) e 85% UR.....	71
Figura 20: Resultados para o atributo ‘textura borrachuda’ em morangos processados minimamente e mantidos sob atmosfera controlada, a 5°C (a) e a 10°C (b) e 85% UR.....	73
Figura 21. Resultados para o atributo ‘sabor característico’ em morangos processados minimamente e mantidos sob atmosfera controlada, a 5°C (a) e a 10°C (b) e 85% UR.....	74
Figura 22. Resultados para o atributo ‘gosto doce’ em morangos processados minimamente e mantidos sob atmosfera controlada, a 5°C (a) e a 10°C (b) e 85% UR.....	76
Figura 23. Resultados para o atributo ‘gosto ácido’ em morangos processados minimamente e mantidos sob atmosfera controlada, a 5°C (a) e a 10°C (b) e 85% UR.....	77
Figura 24. Resultados para o atributo ‘gosto passado’ em morangos processados minimamente e mantidos sob atmosfera controlada, a 5°C (a) e a 10°C (b) e 85% UR.....	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Atributos sensoriais avaliados pelos provadores e respectivas definições.....	38
Tabela 2. Resultados das análises microbiológicas dos morangos minimamente processados armazenados a 5°C e 85% UR	83
Tabela 3. Resultados das análises microbiológicas dos morangos minimamente processados armazenados a 10°C e 85% UR.....	83

RESUMO

O morango é uma hortaliça de clima temperado e tem atração peculiar por sua coloração vermelha brilhante, odor característico, textura macia e sabor levemente acidificado. Dada à sua grande demanda para utilização na culinária nacional e internacional, é desejável o desenvolvimento de tecnologia para o seu processamento mínimo. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade físico-química, sensorial e microbiológica de morangos processados minimamente e mantidos sob refrigeração e atmosfera controlada. Morangos da cultivar Oso Grande foram colhidos em campo de produção comercial, localizado no município de Pouso Alegre, MG, e transportados para o Laboratório de Pós-Colheita da Embrapa Agroindústria de Alimentos, localizada no município do Rio de Janeiro, RJ, sendo mantidos por aproximadamente 10 horas em câmara fria a 5°C e 85% de umidade relativa, até o início do processamento. Após seleção e classificação, os frutos foram processados minimamente retirando-se o cálice e o pedúnculo dos frutos. A sanificação foi feita em água a 5°C/10 minutos, com 150 $\mu\text{L L}^{-1}$ de cloro ativo e o enxágüe em água a 5°C/5 minutos, contendo 5 $\mu\text{L L}^{-1}$ de cloro ativo. Depois de secos, os morangos foram pesados, acondicionados em bandejas plásticas do tipo polietileno tereftalato (PET) e mantidos sob atmosfera controlada durante 10 dias, a 5°C e a 10°C. O controle da atmosfera foi feito em microcâmaras e as seguintes composições atmosféricas foram estabelecidas: AC1 – 3 % O₂ + 10 % CO₂ (balanço N₂), AC2 – 3 % O₂ + 15 % CO₂ (balanço N₂), AA – Atmosfera ambiente (controle). Os frutos foram avaliados nos dias 0, 3 e 7 e 10 quanto à perda de massa, firmeza, pH, acidez titulável, sólidos solúveis, açúcares (sacarose, frutose e glicose), teor de antocianinas totais, cor (valores *L* e *a*) e qualidade microbiológica. A análise sensorial foi realizada nos dias 3, 7 e 10 do armazenamento, com a avaliação dos atributos de aparência, textura e sabor. Não houve diferenças significativas entre as temperaturas de armazenamento 5°C e 10°C para a maioria das variáveis físico-químicas avaliadas. A atmosfera de armazenamento influenciou significativamente a perda de massa, a firmeza, o teor de frutose, de antocianinas totais. As atmosferas de armazenamento contendo 3% O₂ + 10% CO₂ e 3% O₂ + 15% CO₂ foram mais eficientes para a manutenção da firmeza dos frutos minimamente processados, bem como foram mais efetivas no controle da perda de massa que a atmosfera ambiente. Todavia, os frutos MP mantidos nestas atmosferas apresentaram menor teor de

antocianinas que os mantidos em atmosfera ambiente, embora não se tenha observado mudanças significativas ao longo do período de armazenamento em nenhum dos tratamentos. A presença de sabores estranhos nos morangos processados minimamente e mantidos sob 3% O₂ + 10% CO₂ e 3% O₂ + 15% CO₂, quando avaliados sensorialmente, fez com que o produto fosse rejeitado pelos provadores a partir do 3º dia de armazenamento, quando a aparência ainda era adequada. A temperatura de 5°C foi mais efetiva que a temperatura de 10°C na manutenção da aparência, na retenção do sabor característico e na prevenção do surgimento de sabores estranhos. O tempo de armazenamento não afetou os atributos de textura e sabor avaliados sensorialmente, porém afetou todos os atributos de aparência, especialmente no 10º dia a 10°C. A redução da temperatura de 10°C para 5°C e a utilização das atmosferas com 3% O₂ + 10% CO₂ e 3% O₂ + 15% CO₂ diminuiu o crescimento de bactérias psicrotróficas e de fungos filamentosos e leveduras, aumentando a vida útil dos morangos processados minimamente.

Palavras-chave: *Fragaria x ananassa* Duch, processamento mínimo, controle atmosférico, controle da temperatura, qualidade.

ABSTRACT

FRESH-CUT STRAWBERRY STORED UNDER REFRIGERATION AND CONTROLLED ATMOSPHERE

Strawberries are a temperate vegetable crop highly appreciated by consumers due to their unique characteristics such as bright red color, soft texture and slightly acidified flavor. Due to their high demand both at national and international level, the development of fresh-cut technology for strawberries is highly desirable. The present work was carried out aiming at evaluating physico-chemical, sensorial and microbiological characteristics of fresh-cut strawberries kept under refrigeration and controlled atmosphere. Strawberries ‘Oso Grande’ were harvested at a commercial field located at Pouso Alegre, MG, and transported to the Postharvest Laboratory at Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, and were stored for approximately 10 hours in cold rooms at 5°C and 85% relative humidity until processing. After grading and sizing fruits were minimally processed and the calyx and peduncle were removed. Sanitation was done in a solution of chlorine (150 $\mu\text{L L}^{-1}$) at 5°C for 10 min. Rinsing was carried in a solution of chlorine of 5 $\mu\text{L L}^{-1}$ at 5°C for 5 min. After room drying, fruits were weighed, placed in plastic trays polyethylene tereftalato type (PET) and kept under controlled atmosphere conditions for 10 days at 5 and 10°C. Atmosphere control was accomplished in micro-chambers where the following atmospheric combinations were established: 3% O₂ + 10% CO₂ (N₂ balance), 3% O₂ + 15% CO₂ (N₂ balance), and Ambient atmosphere (control). Fruits were evaluated at 0, 3, 7 and 10 days for mass loss, firmness, pH, titratable acidity, soluble solids, sugars (sucrose, fructose and glucose), total anthocyanins, color (*L*-value, *a*-value), and microbiological quality. Sensory analysis was performed at 3, 7 and 10 days of storage, and appearance, texture and flavor were evaluated. There were no significant differences among most of the variables studied both at 5°C and 10°C. Storage atmosphere had a significant effect in mass loss, firmness, levels of fructose and total anthocyanins and luminosity at the cut site. Atmospheres with 3% O₂ + 10% CO₂ and 3% O₂ + 15% CO₂ were more efficient in firmness maintenance for fresh-cut fruits as well as were more effective to control mass loss at normal atmosphere (air). However, fresh cut fruits kept in these atmospheres showed a lower content of total anthocyanins, although no significant

changes were observed throughout the storage period. The presence of off-flavors detected by the taste panel in the fresh-cut strawberries stored under 3% O₂ + 10% CO₂ and 3% O₂ + 15% CO₂ made with that the product was rejected by the provers from 3rd day of storage, when the appearance was still adequate. Storage at 5°C was more effective in the maintenance of appearance, flavor retention and in the prevention of off-flavors. Storage length did not affect texture and flavor attributes evaluated by the sensory panel, but affected visual attributes. Temperature reduction from 10°C to 5°C and the utilization of 3% O₂ + 10% CO₂ and 3% O₂ + 15% CO₂ concentrations reduced the growth of psychotrophic bacteria, molds and yeasts, increasing the shelf life of fresh-cut strawberries.

Keywords: *Fragaria x ananassa* Duch, minimally processing, atmospheric control, temperature control, quality.

1. INTRODUÇÃO

Durante muito tempo, os esforços da pesquisa em tecnologia de alimentos foram centrados na conservação de matérias-primas *in natura*, com o objetivo de prolongar sua vida útil. As condicionantes atuais da produção de refeições colocam uma nova necessidade, a de produtos prontos para o consumo, mesmo com prazos de validade menores.

Existe uma tendência mundial para usar alimentos cada vez mais naturais, valorizando o sabor original dos produtos, onde o consumidor, disposto a pagar mais pela qualidade, apresenta um nível de exigência cada vez maior. É neste cenário que surgem os alimentos processados minimamente, que unem a praticidade e a conveniência, proporcionando uma economia de tempo no preparo dos alimentos.

Contudo, o aumento na popularidade de frutas e hortaliças processadas minimamente criou um grande número de produtos extremamente perecíveis, para os quais até mesmo a distribuição para o mercado interno representa um desafio considerável (BRECHT et al., 2003). Embora o processamento seja mínimo e a tecnologia aparentemente simples, há uma série de cuidados para que os produtos processados minimamente apresentem o frescor esperado, sejam seguros para a saúde e tenham uma vida útil comercialmente viável.

Frutas e hortaliças processadas minimamente são perecíveis e demonstram rápida degradação da qualidade, em consequência dos danos aos tecidos vegetais, decorrentes das operações como descascamento, corte, fracionamento, etc. O processamento mínimo aumenta a perecibilidade do produto, dado o aumento da atividade metabólica e da descompartimentalização de enzimas e substratos, podendo resultar em escurecimento, perda de firmeza e desenvolvimento de sabores e odores estranhos (WATADA et al., 1990; ROLLE e CHISM, 1987).

Apesar do aumento da demanda mundial por frutas e hortaliças frescas processadas minimamente e prontas para o consumo, uma maior expansão deste segmento de mercado tem sido dificultada pela curta vida útil dos mesmos. Entre os fatores limitantes da vida útil desses produtos incluem-se o aumento da respiração e da produção de etileno, o escurecimento enzimático, a descoloração da superfície, a perda de água e as alterações microbiológicas (DAMASCENO et al., 2001).

Rico em vitaminas e minerais, o morango (*Fragaria x ananassa* Duch) é popular em todo o mundo. Contém significativa quantidade de vitamina C, que evita a fragilidade dos ossos, má formação dos dentes, dá resistência aos tecidos, age contra infecções, ajuda a cicatrizar ferimentos e evita hemorragias. Possui, em menor quantidade, vitamina B5 (niacina) e ferro. A niacina evita problemas de pele, aparelho digestivo, sistema nervoso e reumatismo; e o mineral ferro é importante porque faz parte da formação do sangue (TODA fruta, 2005).

O morango é usado inteiro ou em pedaços, na combinação com chantilly, na produção de sorvetes, iogurtes, caldas, tortas e pavês, bolos e folhados, mousses, saladas, tornando-se, desta forma, uma fruta com alto valor agregado. Portanto, dada a sua ampla utilização na confecção desta gama de produtos, torna-se bastante viável sua oferta na forma processada minimamente, pronta para consumo e utilização pelos consumidores de frutas.

Devido à sua alta perecibilidade, a comercialização e a disponibilidade de morangos são restritas, devido à rápida deterioração dos frutos causada pela senescência e doenças pós-colheita, que acarretam em perdas consideráveis, tanto qualitativas, quanto econômicas. Assim sendo, algumas tecnologias estão sendo estudadas com o objetivo de prolongar a sua vida útil, dentre as quais estão o uso de atmosfera controlada (AC), atmosfera modificada (AM), atmosfera inseticida, tratamentos de pré-acondicionamento com CO₂, uso de irradiação e controle biológico de pragas e doenças (FLORES-CANTILLANO, 2003).

A cultura do morangueiro é de grande importância para as regiões que o cultivam, pois gera sustento para as famílias dos produtores e de seus empregados. Com o advento da técnica do processamento mínimo, estes produtores poderão agregar valor a seus produtos, diminuindo as perdas pós-colheita e expandindo os canais de distribuição, que são o varejo moderno, o mercado institucional (restaurantes, *caterings*, *fast-foods*, hospitais e hotéis) e os canais alternativos de distribuição (feiras-livres, “sacolões”, CEASAs e lojas de conveniência), que comandam a dinâmica da cadeia e estabelecem os padrões exigidos para esses produtos. O consumidor final dessas vias de distribuição quer um produto prático e conveniente, pois o aumento da preocupação com a saúde e a falta de tempo para preparar as refeições fez com que buscassem produtos práticos e saudáveis, facilitando o dia-a-dia e mantendo as características do produto *in natura*, com manutenção da qualidade.

Devido à crescente procura por esses produtos, as indústrias de alimentos, com o intuito de proporcionar produtos de alta qualidade e satisfazer as necessidades do consumidor, vêm pesquisando formas de conservar os alimentos após a colheita, com auxílio de técnicas que prolongam o prazo de validade dos produtos, mantendo suas características originais. Porém, apesar do grande esforço que as indústrias e os pesquisadores vêm fazendo em suas pesquisas, muito se tem a desvendar para melhorar esses produtos, a fim de atender o padrão de qualidade exigido e manter o produto mais próximo do seu similar *in natura*.

O desenvolvimento de tecnologia de processamento mínimo de morangos, com utilização de atmosfera controlada e refrigeração adequadas para sua conservação, poderá aumentar a vida útil do produto, mantendo sua qualidade nutricional, suas características sensoriais e a segurança do alimento.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade de morangos processados minimamente mantidos sob refrigeração e atmosfera controlada, por meio de análises físico-químicas, sensoriais e microbiológicas.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Matéria Prima

O morango é botanicamente classificado como uma hortaliça pertencente à família das rosáceas e ao gênero *Fragaria*. A espécie cultivada, *Fragaria x ananassa* Duch, resulta da hibridização de três espécies americanas (*Fragaria chiloensis*, *Fragaria virginiana* e *Fragaria ovalis*). O receptáculo do fruto verdadeiro, que apresenta a polpa avermelhada e com excelente sabor e aroma, é confundido com o fruto, um aquênio que se assemelha às minúsculas sementes de cor escura (fruto propriamente dito) e fica preso ao receptáculo (LIMA, 1999).

O morango é considerado um fruto de clima temperado e tem atração peculiar por sua coloração vermelha-brilhante, odor característico, textura macia e sabor levemente acidificado. Possui alto teor de umidade, que pode atingir 90-95% da parte comestível. O sabor característico é proveniente principalmente do ácido cítrico (10-18 mEq/kg) e dos açúcares, dentre os quais predominam a glicose e a frutose (4,5%) e a sacarose (0,9%). Os minerais de maior destaque são o cálcio (29 mg 100g⁻¹) e o fósforo (29 mg 100g⁻¹). A vitamina C predomina sob a forma de ácido ascórbico, com teor de aproximadamente 60-70 mg 100g⁻¹ (LIMA, 1999; PAZINATO, 1999).

Os açúcares são os principais componentes solúveis em morangos maduros, com glicose, frutose e sacarose contabilizando 99% do total de açúcares. Glicose e frutose são predominantes em relação à sacarose, e o teor de açúcares totais pode mudar durante o período de crescimento do fruto, contudo a proporção dos mesmos continua constante. Assim como os açúcares, os ácidos orgânicos são importantes para conferir o sabor e o aroma, e a razão sólidos solúveis/acidez total é calculada para determinar o ponto de colheita, pois é considerado um índice de qualidade (MAKINEN e SODERLING, 1980).

Os fatores que influenciam o desenvolvimento da cultura no campo, como práticas culturais, clima, solo, qualidade da muda e tratamentos fitossanitários, afetam a qualidade do fruto na pós-colheita (DUARTE-FILHO et al., 1999).

2.1.1. Importância Econômica

O Brasil é o 3º maior produtor de frutas do mundo, com produção de 39 milhões toneladas em 2004, ficando apenas atrás da China, com 161 milhões de toneladas e da Índia com 58 milhões toneladas (FAO, 2005). O consumo per capita de frutas no país é de 57 kg/ano (TODA fruta, 2005). A base agrícola da cadeia produtiva brasileira de frutas abrange 2,2 milhões de hectares, gerando 4 milhões de empregos diretos e um PIB agrícola de US\$ 11 bilhões (INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS, 2005).

A produção de morango no mundo, em 2004, foi de aproximadamente 3,1 milhões de toneladas. Os EUA e a Espanha são os maiores produtores, com 840 mil e 285 mil toneladas, respectivamente (FAO, 2005).

A produção no Brasil tem aumentado nos últimos anos de 10% a 15% e a safra anual está em torno de 100 mil toneladas, com uma receita de mais de R\$ 76 milhões. Em toda a cadeia produtiva estão envolvidas 30,9 mil pessoas, direta e indiretamente, e, a cada ano, são gerados 600 novos empregos (TODA fruta, 2005).

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Frutas, o principal pólo produtor nacional de morangos está em Minas Gerais, com 40 mil toneladas anuais, cerca de 40% da produção (TODA fruta, 2005). São Paulo está em segundo lugar, com 29 mil toneladas, que geram uma receita de R\$ 22 milhões a pequenos produtores familiares, principalmente das cidades de Piedade, Atibaia e Monte Alegre do Sul. Em um segundo grupo estão Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Espírito Santo e Rio de Janeiro. O Espírito Santo é o principal fornecedor para o mercado do Nordeste do País, com uma produção de 5 mil toneladas em 2004 e área cultivada de 180 hectares (TODA fruta, 2005).

Notícia veiculada pelo jornal O Globo apontou o morango como uma das grandes apostas para os cardápios de inverno de donos de estabelecimentos como pizzarias, docerias e restaurantes do Rio de Janeiro. Segundo eles, tortas, crepes, pavês, sushis, saladas e risotos à base da fruta podem contribuir com um acréscimo de mais de 50% nas vendas nessa estação (RIBEIRO, 2005).

2.2. Pós-colheita

Apesar do seu grande potencial de produção, o Brasil apresenta também o maior índice de perdas entre os 10 maiores produtores mundiais de frutas, estimadas em 21% pela *Food and Agriculture Organization* (FAO, 2005). A redução nas perdas pós-colheita pode significar maior disponibilidade de alimentos com custos mais baixos, pois qualquer perda após a colheita resulta em acréscimo no custo da comercialização (YAMASHITA, 2004).

O problema das perdas pós-colheita nos países em desenvolvimento, principalmente de frutas e hortaliças, é dramático, considerando-se que as estatísticas não refletem a realidade, pois levam em conta apenas a diferença entre o montante colhido e o comercializado. Os produtos que são adquiridos e que, por diversas razões não são consumidos, não entram nos cálculos de perdas. Dentre as principais causas de perdas estão os danos mecânicos sofridos pelo produto nas etapas do processo de produção ou comercialização, que irão se manifestar apenas na residência do consumidor. Outro motivo é a curta vida útil do produto, que acaba se deteriorando antes do consumo (YAMASHITA, 2004). Segundo Honório e Moretti (2002), muitas destas perdas poderiam ser evitadas com duas ações básicas na pós-colheita, o uso de embalagem adequada e cadeia do frio.

O morango é muito perecível e possui vida pós-colheita limitada em virtude de sua alta taxa respiratória, aproximadamente $15-20 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, a 0°C (DUARTE-FILHO et al., 1999, THOMPSON et al., 2000), a qual aumenta de 4 a 5 vezes quando a temperatura aumenta até 10°C , e incrementa-se até 10 vezes quando a temperatura aumenta até 20°C (FLORES-CANTILLANO, 2003; TUDELA et al., 2003). O aumento da taxa respiratória também ocorre quando os morangos sofrem danos mecânicos, como é o caso do processamento mínimo. Por estas características, o morango tem sido estocado por um período de no máximo 6 dias a uma temperatura entre 0°C e 4°C , após o qual há uma perda nas suas propriedades de aroma, sabor e de seu brilho característico (SCALON et al., 1995).

Por ser não-climatérico, o morango produz baixos níveis de etileno ($< 0,1 \mu\text{L kg}^{-1}\text{h}^{-1}$) e não responde a aplicações de etileno quando se tem a intenção de estimular o seu processo de amadurecimento (DUARTE-FILHO et al., 1999; MITCHAM et al., 2004; WILLS e KIM, 1995).

2.2.1. Produtos Processados Minimamente – Definição e Mercado

O processamento mínimo é definido como qualquer alteração física causada em frutas e hortaliças que mantém o estado fresco destes produtos (INTERNATIONAL FRESH-CUT PRODUCE ASSOCIATION, 1999). Inclui as operações de seleção, limpeza, lavagem, descascamento, corte, sanificação, centrifugação e embalagem, ou seja, operações que não afetem suas características sensoriais e agreguem valor aos mesmos, resultando em produtos naturais, práticos, cujo preparo e consumo requer menos tempo, atendendo as exigências da vida moderna (DAMASCENO et al., 2001). De acordo com a Gorny (2001), para que uma fruta ou hortaliça seja considerada processada minimamente ela deve consistir em 100% de parte comestível.

Os produtos processados minimamente surgiram como uma interessante alternativa para o consumidor que não tem tempo de preparar sua refeição ou mesmo não gosta de fazê-lo. Em vários países verifica-se que esses produtos estão sendo oferecidos nos formatos mais variados, sempre visando à agregação de valor e a comodidade do consumidor (MORETTI, 2004).

O consumo internacional de frutas e hortaliças processadas minimamente está aumentando. Nos EUA, a indústria do setor movimentava valores da ordem de 10-12 bilhões de dólares por ano e, segundo as estatísticas, o comércio desses produtos é responsável por aproximadamente 10% do volume total de frutas e hortaliças comercializadas na forma fresca naquele país, projetando-se, para os próximos 10 anos, algo em torno de 20% (MORETTI, 2003).

Segundo a Del Monte, empresa americana que também atua no mercado de frutas e hortaliças processadas minimamente, o mercado americano deverá crescer entre 30 e 40% nos próximos 2 ou 3 anos. Um dos novos produtos da empresa é uma bandeja com morangos inteiros ou fatiados que são servidos acompanhados com creme de chocolate ou baunilha (MORETTI, 2004).

No Brasil a utilização destes produtos é bastante recente, tendo sido introduzidos nos anos 90 por empresas atraídas pelas novas tendências de mercado, atingindo, principalmente, fornecedores de alimentos prontos para preparo e/ou consumo como hotéis, restaurantes, redes de supermercado e *fast food*, cozinhas industriais e hospitais, instituições que necessitam de

uma produção em maior escala, mas não dispõem de tempo e espaço para o seu preparo (CHITARRA, 1998).

Segundo Moretti e Sargent (2002 apud HANASHIRO, 2003), a taxa de crescimento anual do mercado nacional de produtos processados minimamente é de 10%. Essa taxa é devida, em grande parte, ao aumento do mercado institucional em 150%, de 1995 a 2002, com participações significativas de redes de *fast food* e de *catering*. Também, cadeias de supermercados como Pão-de-Açúcar e Carrefour ajudaram a absorver a produção interna de frutas e hortaliças processadas minimamente.

Na região de São Paulo, nos últimos anos, verificou-se um aumento de mais de 200% na quantidade de produtos processados minimamente e comercializados a varejo. O número de empresas do setor passou de 3 em 1994 para 15 em 1999, e os itens de 10 para 35 (MORETTI e AZEVEDO, 2003).

2.2.2 Fatores Determinantes da Qualidade e da Vida Útil do Morango Processado Minimamente

2.2.2.1. Qualidade da Matéria-Prima

A qualidade de produto final está diretamente relacionada com a qualidade da matéria-prima. A preocupação com a qualidade do morango deve ser iniciada nos campos de produção, com um controle efetivo da qualidade da água de irrigação e com a utilização de adubos orgânicos devidamente curtidos, para evitar a contaminação com microrganismos patogênicos de origem entérica. A aplicação de agrotóxicos deve obedecer rigorosamente os intervalos de segurança e dosagem estabelecidos pelos fabricantes (MORETTI, 2003).

Boas Práticas Agrícolas, no contexto do Manejo Integrado de Pragas (MIP), são aliadas do uso tecnificado de agrotóxicos. Ao mesmo tempo, o uso de mudas de morangueiro comprovadamente sadias (certificadas), o emprego de técnicas adequadas de irrigação, adubação, manejo dos túneis, limpeza no entorno das áreas de produção, eliminação de folhas, talos e frutos doentes da lavoura, bem como a exclusão do lixo plástico e a adoção de técnicas de conservação do solo, são práticas que podem reduzir o uso de agrotóxicos e,

conseqüentemente, gerar morangos mais seguros. Adicionalmente, é muito importante a limpeza e a sanificação de materiais utilizados na colheita, transporte e embalagem de morangos. Frutas com resíduos químicos acima dos limites estabelecidos pelo *CODEX Alimentarius* não são aceitas no mercado internacional. Além disto, não oferecem segurança para os consumidores internos, que já estão exigindo produtos seguros para a saúde (MATTOS, 2004).

A colheita de morangos deve ser realizada nas horas mais frescas do dia e os frutos devem ser colhidos no seu ponto ótimo de maturidade fisiológica, o que varia de acordo com as condições climáticas, solo e cultivar. Deve-se escolher produtos com boa aparência e sem ferimentos, manchas e não danificados por insetos e pragas (CHITARRA e CHITARRA, 1990).

2.2.2.2. Operações do Processamento Mínimo

As operações do processamento mínimo devem ser realizadas priorizando-se a qualidade do produto final. Essas operações, se não forem realizadas de maneira correta, podem comprometer seriamente a vida útil das frutas e hortaliças que passam por este tipo de processamento.

- **Seleção:** Esta etapa tem a finalidade de remover materiais indesejáveis e frutos danificados ou com podridão. A seleção é feita por aparência, cor, tamanho e defeitos, visando a adequação da matéria-prima ao processamento.

- **Corte:** O corte é realizado com o objetivo de retirar as partes não comestíveis dos frutos ou simplesmente fracioná-los em menores porções. Nesta etapa, é importante que as facas ou outros utensílios cortantes utilizados sejam preferencialmente de aço inoxidável e estejam bem amolados, para não danificarem demasiadamente o tecido vegetal. As lesões causadas pelo corte aceleram a respiração do tecido vegetal e liberam enzimas presentes no interior das células, que degradam a parede celular e favorecem o desenvolvimento de microrganismos (GOMES et al., 2005).

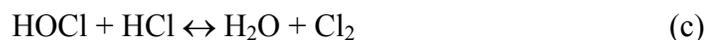
- **Sanificação:** Frutas e hortaliças frescas são veículos de bactérias, fungos e leveduras quando chegam às plantas de processamento, podendo trazer também vírus e parasitas. Os processos

de lavagem em água limpa e sanificação são etapas importantes para redução do número de microrganismos no produto final. A utilização de água de qualidade inadequada tem o potencial de ser uma fonte direta de contaminação e um veículo para disseminar a contaminação localizada nos ambientes de campo, instalação ou transporte. Sempre que a água entra em contato com produtos hortícolas frescos, sua qualidade dita o potencial de contaminação patogênica. Se os patógenos sobrevivem no produto hortícola, isto pode causar doenças alimentares (GORNY, 2001).

A água pode ser portadora de diversos microrganismos, inclusive linhagens patogênicas de *Escherichia coli*, *Salmonella* sp., *Vibrio cholerae*, *Shigella* sp., *Cryptosporidium parvum*, *Giardia lamblia*, *Cyclospora cayetanensis*, *Toxiplasma gondii*, e os vírus Norwalk e hepatite A. Mesmo pequenos níveis de contaminação com estes organismos podem resultar em infecções alimentares (GORNY, 2001).

O cloro é normalmente usado para desinfecção da superfície de frutas por meio da adição de hipoclorito de sódio (NaClO) na água de lavagem. Imersão em água contendo 50 a 200 $\mu\text{L L}^{-1}$ de cloro ativo é comumente recomendada na literatura para frutas, tanto para antes do processamento ou para as operações de pré ou pós-corte (SOLIVA-FORTUNY e MARTÍN-BELLOSO, 2003).

O cloro (Cl) é um potente desinfetante com forte propriedade oxidante. É solúvel em água, seja pela injeção na forma de gás (Cl_2) ou pela adição de sais de hipoclorito. A solução formada, chamada de “água clorada”, consiste em uma mistura de gás cloro (Cl_2), ácido hipocloroso (HOCl) e íons hipoclorito (OCl^-) em quantidades que variam em função do pH da água, conforme o indicado a seguir:



Os termos cloro “ativo” ou “livre” descrevem a quantidade de cloro, na forma de ácido hipocloroso, disponível para reações oxidativas e desinfecção. O pH da solução é de grande importância para sua eficácia. Apesar da concentração de ácido hipocloroso ser maior em pH

6,0, a melhor combinação de atividade e estabilidade é alcançada na faixa de pH 6,5 - 7,5 (SUSLOW, 1997).

O cloro pode oxidar incompletamente materiais orgânicos levando à formação de subprodutos indesejáveis na água de processamento, como o clorofórmio (CHCl_3) e outros trihalometanos, que se suspeita serem potencialmente carcinogênicos. Em pH alcalino, o cloro reage com bases nitrogenadas orgânicas para produzir cloraminas. A alta reatividade do cloro com matéria orgânica na presença de oxigênio reduz o teor de cloro ativo na água. Por isso, recomenda-se a troca da solução sanitizante, após 2 a 3 usos, quando o nível de cloro ativo for menor que 100 mg L^{-1} (SUSLOW, 1997).

A utilização de uma fonte de cloro comercial própria para alimentos é essencial, pois produtos de limpeza, como água sanitária, podem conter resíduos tóxicos.

Existe atualmente no mercado um sanificante denominado SUMAVEG, próprio para desinfecção de frutas e hortaliças, que tem como princípio ativo o Dicloro-S-Triazinatriona Sódica Diidratada, fabricada pela Diversey Lever - Indústrias Gessy Lever LTDA.

- **Enxágüe:** O produto cortado deve ser enxaguado após o tratamento com cloro, com água limpa e tratada ($5 \mu\text{L Cl ativo/ L água}$), preferencialmente a uma temperatura entre 0°C e 5°C , com vistas à minimização dos efeitos do corte sobre o metabolismo do tecido vegetal e redução do teor de cloro residual no produto.

- **Secagem:** Esta etapa é necessária para a retirada do excesso de água presente sobre o produto em decorrência da lavagem e da sanificação. O produto embalado ou armazenado contendo água em sua superfície pode favorecer o desenvolvimento de microrganismos, diminuindo a vida útil do produto.

- **Embalagem:** A embalagem de um alimento deve contê-lo e protegê-lo desde o local de produção até o ponto do consumo. Uma embalagem “adequada” pode ser definida como “um sistema que protege um produto perecível de danos físicos causados por manuseio ou pragas, condições extremas de temperatura e de umidade, ou atmosferas que por elas mesmas contenham elementos que possam degradar o produto durante o transporte ou armazenamento” (MYERS, 1989). A embalagem também é usada para identificar o produto, a marca de origem e outras informações importantes, como datas de produção e de validade, instruções de preparo, informações nutricionais e modo de armazenamento (SCHLIMME,

1995). Frutas e hortaliças processadas minimamente necessitam de uma embalagem especial, que auxilie na preservação da qualidade do produto fresco em seu interior. Os produtos processados minimamente são mais perecíveis do que seus similares *in natura*, o que se traduz em maior taxa respiratória, maior perda d'água e alterações fisiológicas mais rápidas e mais intensas. As embalagens para esses produtos, portanto, têm a função de retardar esses eventos fisiológicos, estendendo ao máximo a sua vida útil. As embalagens de filmes poliméricos aplicam-se bem aos produtos processados minimamente, pois permitem perda mínima de água e reduzem a taxa respiratória dos vegetais. Portanto, seleção de polímeros com certas propriedades de permeação a gases e a vapores d'água a uma dada temperatura é fundamental para o estabelecimento da atmosfera adequada ao metabolismo do vegetal no interior da embalagem (SCHLIMME e ROONEY, 1994).

2.2.2.3. Controle da Temperatura

A refrigeração é considerada o meio mais efetivo para estender a vida útil de frutas e hortaliças processadas minimamente. Temperaturas de refrigeração contribuem para reduzir a atividade microbiana e as alterações químicas e enzimáticas do próprio vegetal. Isso mantém a qualidade do produto e aumenta a segurança para o consumidor (BRACKETT, 1987; BRECHT et al., 2003).

No caso particular de produtos altamente perecíveis, como morangos processados minimamente, os quais possuem uma vida útil relativamente pequena e são bastante vulneráveis a variações extremas de temperatura, a manutenção de uma temperatura adequada próxima a 0°C é recomendada para manter o produto seguro para o consumo (BRECHT et al., 2003).

Segundo Nunes et al. (1995a), a utilização de temperaturas baixas pode auxiliar no aumento do tempo de conservação pós-colheita de morangos. Porém, mesmo em temperatura e umidade relativa do ar (UR) apropriadas, 0°C a 1°C e 90% a 95% respectivamente, sua vida útil é de apenas 7 dias. De acordo com estes autores, o tempo de espera entre a colheita e o armazenamento na temperatura apropriada é crítico para o sucesso do tratamento. Em experimento com morangos das cultivares Oso Grande, Sweet Charlie e Chandler eles

observaram que um atraso de 6 horas após a colheita para o resfriamento dos morangos produziu mudanças indesejáveis na coloração e na textura nos frutos, além de redução de aproximadamente 50% no teor de água, em comparação com aqueles que foram imediatamente resfriados após a colheita.

Baixas temperaturas contribuem para a redução da velocidade de crescimento da maioria das bactérias e fungos. Porém, vale ressaltar que estas mesmas condições selecionarão e favorecerão a multiplicação dos microrganismos psicotróficos, como *Pseudomonas*, que freqüentemente estão associados à deterioração de alimentos refrigerados e podem estar presentes em números elevados nos produtos vegetais (BRACKETT, 1987). Mesmo em temperaturas próximas de 0°C, algumas bactérias causadoras de infecção alimentar crescem lentamente, como *Listeria monocytogenes* e *Yersinia enterocolitica*, que também são psicotróficas (VANETTI, 2004).

Outro fator a ser destacado com relação ao efeito da temperatura é sua ação sobre a respiração dos produtos vegetais. Sabe-se que as temperaturas de armazenamento determinam a taxa respiratória dos mesmos e, assim, produzem mudanças na atmosfera gasosa dentro da embalagem em que estão acondicionados, influenciando o comportamento dos microrganismos. Conseqüentemente, a temperatura pode também influenciar na velocidade de senescência dos produtos processados minimamente (CANTWELL, 1992).

Frutas e hortaliças, após colhidas, são freqüentemente expostas à variações de temperatura durante seu manejo, transporte, armazenamento e comercialização. Na comercialização a temperatura em torno do produto é, freqüentemente, maior que no armazenamento e no transporte (BRECHT et al., 2003). Essa quebra da cadeia do frio faz com que o produto vegetal entre em estado de senescência mais rapidamente, diminuindo sua vida útil.

No que diz respeito à exposição de frutas e hortaliças processadas minimamente em supermercados no Brasil, verifica-se que o padrão empregado não difere de maneira significativa do observado em outros locais. Porém, existe uma diferença marcante no controle da temperatura entre as gôndolas de países desenvolvidos, como Alemanha, Austrália, Nova Zelândia, EUA, França e Inglaterra e de países em desenvolvimento, como o Brasil e a China. Enquanto naqueles países o controle no ponto de venda é estrito, isto é, variando muito pouco acima dos 5°C ou 6°C, nestes últimos a temperatura chega a até 20°C e, em casos extremos,

esses produtos são comercializados à temperatura ambiente, como verificado em supermercados de Beijing, capital da China, e em diversas feiras livres no Brasil (MORETTI, 2004).

2.2.2.4. Controle da Atmosfera Gasosa

A utilização de atmosfera controlada (AC) e modificada (AM), e em particular o uso de altas concentrações de CO₂, são largamente empregados para estender a vida útil de muitas frutas e hortaliças. A conservação desses produtos utilizando atmosfera controlada/modificada é uma técnica de preservação onde a composição gasosa da atmosfera ao redor do produto é diferente da composição normal do ar atmosférico. Na modificação da atmosfera, a mistura de gases deve ser escolhida conforme as necessidades específicas do produto alimentício (JUNQUEIRA e LUENGO, 1999). Atmosferas controladas e modificadas ótimas para frutas e hortaliças frescas variam de acordo com a espécie e região de cultivo (LARSEN e WATKINS, 1995), estágio de amadurecimento e maturação do produto, temperatura e tempo de exposição (BRECHT et al., 2003). Na maioria das aplicações, essa mistura gasosa é uma combinação de dióxido de carbono, oxigênio e nitrogênio (JUNQUEIRA e LUENGO, 1999).

A redução da concentração de O₂ e/ou o aumento da concentração de CO₂ ao redor de frutas e hortaliças *in natura* ou processadas minimamente podem reduzir a sua taxa respiratória e a produção de etileno, inibir ou retardar reações enzimáticas, reduzir desordens fisiológicas e desacelerar várias alterações metabólicas que resultam em deterioração pós-colheita (LANA e FINGER, 2000; SOLIVA-FORTUNY e MARTÍN-BELLOSO, 2003). Em geral, essas práticas são responsáveis por manter características qualitativas importantes desses frutos, como a firmeza, os sólidos solúveis, a acidez e o frescor, podendo ainda reduzir a incidência de fungos (AGAR et al., 1997).

Porém, abaixo de certa concentração mínima de O₂, ocorre mudança na respiração de aeróbica para anaeróbica, com aumento concomitante na produção de CO₂ (ZAGORY e KADER, 1989 apud YAMASHITA, 2004). Segundo Kader (1986 apud YAMASHITA, 2004), a elevação da concentração de CO₂ tem também efeito supressivo no metabolismo respiratório, sendo que níveis acima do limite de tolerância de cada produto podem resultar em acúmulo de acetaldeído e etanol nos tecidos, indicando mudança para respiração anaeróbica.

Paralelamente, a dissolução de CO₂ aumenta a acidez nas células dos tecidos e pode ser responsável por desordens fisiológicas. Altas concentrações de CO₂ também inibem diversas enzimas do ciclo de Krebs, incluindo a succinato desidrogenase, podendo causar mudança para respiração anaeróbica ou resultar em acúmulo de ácido succínico, que é potencialmente tóxico ao tecido das frutas (SOLIVA-FORTUNY e MARTÍN-BELLOSO, 2003).

A ação do etileno é inibida por atmosferas com altas concentrações de CO₂. Atmosferas enriquecidas com dióxido de carbono inibem a atividade da ACC sintase (responsável pela síntese do ácido 1-aminociclopropano 1-carboxílico e chave reguladora do sítio da biossíntese de etileno), enquanto a atividade da ACC oxidase é estimulada pelo baixo CO₂ e inibida por altas concentrações de CO₂ e/ou baixas concentrações de O₂ (KADER, 2003).

Atmosferas controladas ótimas para cada produto retardam a perda de clorofila, a biossíntese de carotenóides e antocianinas e a biossíntese e a oxidação de compostos fenólicos. Reduzem ainda a atividade das enzimas que degradam a parede celular causando o amaciamento dos frutos. O uso de atmosfera controlada tem influência no sabor por meio das reduções de perda de acidez, de conversão do amido em açúcar e da biossíntese dos compostos aromáticos, principalmente os ésteres. Contudo, fora da faixa ótima da concentração de O₂ e CO₂, a respiração e a taxa de produção de etileno de frutas e hortaliças podem ser estimuladas, indicando uma resposta ao estresse a que foram submetidas, o que pode contribuir para a incidência de desordens fisiológicas e aumento da suscetibilidade à deterioração (KADER, 2003).

Baixas concentrações de O₂, com ou sem combinações com altas concentrações de CO₂, podem ter efeitos benéficos na vida pós-colheita de morangos, como a redução da deterioração e de podridões, que aumentam com o período de conservação do fruto (CORDENUNSI et al., 2003; FLORES-CANTILLANO, 2003; KE et al., 1991). Segundo Vicente et al. (2003), concentrações de dióxido de carbono na faixa de 15% reduzem significativamente as perdas pós-colheita de morangos, diminuindo a incidência de podridão causada por *Botrytis cinerea*.

Brackmann et al. (2001) avaliaram o efeito da utilização de elevadas concentrações de CO₂ no prolongamento da vida pós-colheita de morangos cv. Oso Grande e observaram que quanto maior a concentração de CO₂, maior foi a firmeza da polpa e o controle das podridões.

Atmosferas com 2-8 % de O₂ e 5-15 % de CO₂ têm potencial para conservar a qualidade de frutas e hortaliças processadas minimamente, embora, para cada produto exista uma atmosfera específica que maximiza sua durabilidade (CANTWELL, 1992).

Gorny (2003) recomenda atmosferas ideais para diversas frutas e hortaliças processadas minimamente e armazenadas sob refrigeração com temperatura entre 0-5°C. Para morango fatiado, a recomendação é de 1-2 % de O₂ e 5-10 % de CO₂. Já Kader (2003) recomenda para os frutos mantidos em temperaturas variando entre 0-5°C e umidade relativa (UR) de 90-95 %, composições gasosas que variam de 5-10 % para O₂ e de 15-20 % para CO₂. De acordo com este autor, morangos mantidos sob essas condições podem ser estocados por até duas semanas.

Brackmann et al. (2001) afirmam que o uso de 20% de CO₂ e temperatura de 0°C durante o armazenamento, transporte e comercialização, propiciam boa manutenção da qualidade de morangos cv. Oso Grande por até 20 dias.

Chitarra e Chitarra (1990) apontam a temperatura de 0°C e 90-95 % UR para a conservação de morangos por 1 a 5 dias. Porém, se houver controle atmosférico (10% O₂ e 12% CO₂) podem ser conservados por até 10 dias.

Brecht et al. (2003) armazenaram morangos cv. Chandler *in natura* sob 5% O₂ + 15% CO₂ e 10% O₂ + 20% CO₂ (balanço N₂) por 2 semanas, a 4°C e a 10°C, para estudar os efeitos do uso de atmosfera controlada em temperaturas de armazenamento acima da ótima para morangos (0°C) e os resultados indicaram que os benefícios do armazenamento sob AC, em termos de minimização de mudanças na perda de massa, firmeza, cor e composição, foram melhores a 4°C do que a 10°C. Em relação às atmosferas de armazenamento, os morangos armazenados sob 5% O₂ + 15% CO₂ perderam menos massa, mantiveram melhor a firmeza e apresentaram coloração vermelha mais luminosa e mais intensa (maiores valores de L, ângulo hue e croma) que os armazenados sob 10% O₂ + 20% CO₂. Os morangos armazenados sob 5% O₂ + 15% CO₂ apresentaram ainda maiores teores de acidez e sólidos solúveis que os armazenados sob 10% O₂ + 20% CO₂, contudo, nesta última atmosfera, os morangos apresentaram maiores teores de vitamina C.

2.2.3. Alterações Decorrentes do Processamento Mínimo e da Conservação pelo Uso de Atmosfera Controlada

A fisiologia das frutas e hortaliças processadas minimamente é essencialmente aquela dos tecidos feridos. A intensidade da resposta à ferida é afetada por um grande número de fatores. As espécies e as variedades, as concentrações de O₂ e de CO₂, a pressão do vapor de água e a presença de inibidores estão entre os mais significativos. O ferimento no tecido induz a inúmeras desordens fisiológicas que necessitam ser minimizadas para se obter produtos com a qualidade e o frescor desejados. Para frutas processadas minimamente, o maior obstáculo ao marketing comercial é a sua limitada vida útil, devido ao amaciamento excessivo dos tecidos e o escurecimento da superfície cortada (SOLIVA-FORTUNY e MARTÍN-BELLOSO, 2003).

2.2.3.1. Respiração

Das reações que são influenciadas pela modificação da atmosfera, as reações da cadeia respiratória são as que têm a maior influência no metabolismo celular. A respiração, fenômeno biológico, é a um só tempo necessária para a manutenção da vida dos tecidos vegetais, como também um mecanismo de degradação de suas reservas energéticas e nutritivas.

O metabolismo respiratório recaptura a energia armazenada e liberada dos carboidratos e de outros compostos orgânicos ricos em energia, gerando estruturas de carbono para as reações necessárias à manutenção e ao desenvolvimento do fruto depois de colhido. As taxas desses processos podem ser reduzidas pela restrição à disponibilidade de O₂, que é o substrato no passo final da cadeia respiratória, e, em menor extensão, pela elevação na concentração do produto da respiração, o CO₂. A restrição da taxa respiratória resulta em mudanças no metabolismo primário que tem o potencial de melhorar ou prejudicar a qualidade (NAZIR e BEAUDRY, 2002).

Três processos estão envolvidos na cadeia respiratória: a glicólise; o ciclo dos ácidos tricarbóxicos, que envolve a liberação de CO₂; e a via de transporte de elétrons, que envolve o consumo de O₂. O oxigênio não é requerido na glicólise, porém, sob condições suficientes de O₂, o piruvato é o produto final primário. Quando os níveis de O₂ tornam-se limitantes da

respiração e impedem a oxidação do piruvato, ocorre a fermentação (NAZIR e BEAUDRY, 2002).

Operações como descascamento e corte são críticas e limitam a vida útil de frutas e hortaliças processadas minimamente. Estresses provocados pelo ferimento dos tecidos vegetais resultam na ativação do metabolismo, que se torna aparente com o aumento da taxa respiratória e, em alguns casos, da produção de etileno (VAROQUAUX e WILEY, 1997 apud SOLIVA-FORTUNY e MARTÍN-BELLOSO, 2003). O aumento na taxa respiratória desses produtos pode variar pouco ou aumentar em mais de 100%, em relação ao produto similar intacto (VAROQUAUX e WILEY, 1994; WATADA et al., 1990). Portanto, o controle da respiração é essencial para os produtos processados minimamente, o que obriga a sua comercialização sob refrigeração.

2.2.3.2. Vitamina C

Como o consumo de frutas processadas minimamente tem aumentado, tornou-se importante descobrir quais são os efeitos que as etapas envolvidas neste tipo de processamento têm sobre o conteúdo de vitamina C das mesmas. Prevê-se que o conteúdo desta vitamina seja menor no produto processado minimamente do que no intacto.

Morangos frescos são boa fonte de ácido ascórbico, com teor estimado de aproximadamente 60 mg 100g⁻¹ (HULME, 1970). O ácido ascórbico, além de sua propriedade anti-escorbútica e de melhorar a absorção do ferro não-heme, é um antioxidante que reage diretamente com superóxido, radicais hidroxilas e oxigênio singlete (WRIGHT e KADER, 1997).

Ferimentos, como o corte, podem conduzir à perda do conteúdo de vitamina C de diversas formas. O ácido ascórbico é suscetível à degradação na presença de luz e oxigênio, aos quais o interior dos frutos é exposto pelo corte. A oxidação também pode ocorrer pela exposição a produtos que contenham halogênios em sua molécula, como os sais de hipoclorito. Devido à preocupação com a segurança microbiológica dos produtos processados minimamente, muitos produtos são lavados com solução contendo hipoclorito de sódio (WRIGHT e KADER, 1997).

O ácido ascórbico é oxidado pela interação com enzimas, como a ascorbato oxidase, polifenoloxidase, citocromo oxidase e peroxidase (WRIGHT e KADER, 1997). Os danos provocados pelo corte às células adjacentes a ele resultam na mistura entre enzimas e substratos, que antes estavam compartimentalizados nas células *in natura*. A deterioração da membrana, causada pelo fermento, também pode resultar na formação de radicais livres, que interagem com os antioxidantes, como o ácido ascórbico (WATADA et al., 1990).

O teor de vitamina C em um alimento deve incluir os teores de ácido ascórbico e dehidroascórbico, uma vez que esta última forma pode ser facilmente convertida na primeira pelo organismo humano. O ácido dehidroascórbico pode ser oxidado irreversivelmente a ácido dicetogulônico, que não tem qualquer atividade vitamínica, o que significa sua perda de valor nutricional. A oxidação do ascorbato pela ascorbato oxidase aumenta em condições de estresse, exposição a patógenos, altas temperaturas, íons metálicos e agentes químicos (LEE e KADER, 2000).

O efeito do controle da atmosfera no teor de vitamina C de frutas *in natura* e processadas minimamente não tem sido extensivamente estudado. Os dados obtidos variam entre espécies e cultivares, mas a tendência é que a redução dos níveis de O₂ e a elevação dos de CO₂ aumentam a retenção de ácido ascórbico (WRIGHT e KADER, 1997).

Moraes et al. (2004) avaliaram o conteúdo de ácido ascórbico de morangos das cultivares Oso Grande e Sweet Charlie processados minimamente e armazenados por 8 dias em atmosfera ambiente, a 1°C, e observaram redução de aproximadamente 50% no conteúdo de ácido ascórbico em ambas as cultivares até o 3º dia de armazenamento, não havendo maiores perdas até o 8º dia.

Rosen (1987 apud WRIGHT e KADER, 1997) não encontrou diferenças significativas entre os teores de ascorbato de morangos cv. Pajaro processados minimamente mantidos sob atmosfera ambiente e sob atmosfera controlada. Entretanto, segundo este mesmo autor, morangos da cultivar G3 mantidos sob 2% O₂ (balanço N₂) por 7 dias à 2,5 °C apresentaram teores de ascorbato significativamente maiores que os frutos mantidos em atmosfera ambiente.

Agar et al. (1997) concluíram em seu trabalho com morangos que o conteúdo de vitamina C (ácido ascórbico + ácido dehidroascórbico) diminuiu com o uso de altas concentrações de CO₂ (10-30% CO₂). O mesmo autor afirma que a redução das concentrações de O₂ na atmosfera de armazenamento, em presença de altas concentrações de CO₂, teve um

pequeno efeito sobre o conteúdo de vitamina C. Os teores de ácido ascórbico foram mais reduzidos que os de ácido dehidroascórbico na presença de altas concentrações de CO₂, o que sugere que altas concentrações de CO₂ podem estimular a oxidação do ácido ascórbico e/ou a inibição da redução do ácido mono- ou dehidroascórbico para ácido ascórbico.

Wright e Kader (1997) não encontraram diferenças significativas no teor de ácido ascórbico total entre as amostras de morangos processados minimamente e mantidos em diferentes condições atmosféricas (atmosfera ambiente, 2% O₂ + balanço N₂, atmosfera ambiente + 12% CO₂, 2% O₂ + 12% CO₂ + balanço N₂) por 7 dias, a 5°C.

2.2.3.3. Perda de Água

A perda de água é a principal causa de perda da qualidade de frutas e hortaliças durante o armazenamento (AYALA-ZAVALA et al., 2004).

É um dos maiores problemas pós-colheita de morangos, pois, devido à sua epiderme fina e ao seu alto teor de umidade, em torno de 90-95%, têm alta susceptibilidade à perda de água, em função da desidratação frente às baixas umidades relativas do ar e às altas temperaturas, resultando em murchamento do fruto, aparência de fruto velho e deteriorado, ressecamento e deformação do cálice, afetando sua aparência e qualidade, antes mesmo de afetar seu sabor (MITCHELL, 1992).

A transpiração é a perda de água, na forma de vapor, pelos tecidos do fruto. Quando estão ligados à planta, os tecidos dos frutos possuem aproximadamente 99,0-99,5% de água em seus espaços intercelulares e estão em equilíbrio com a atmosfera à mesma temperatura. Qualquer redução na pressão de vapor de água da atmosfera abaixo destes valores resulta em perda de água. A taxa de perda de água é controlada pela diferença de pressão de vapor entre o fruto e a atmosfera em torno dele, a qual é governada pela temperatura e pela umidade relativa (LURIE, 2002).

Segundo Ronque (1998), a perda de água é importante porque provoca perdas qualitativas e quantitativas no produto. Pode causar perda de massa, enrugamento, ressecamento e amolecimento do fruto. A percentagem máxima de perda de água, antes do morango se tornar inaceitável comercialmente, é de 6% de seu peso na colheita. A perda de água depende do tipo de produto, tamanho, composição e estrutura, temperatura do fruto e do

ar ambiente, assim como da velocidade de movimentação de ar. O morango, devido ao seu tamanho, apresenta grande superfície exposta para transpiração em relação à sua massa. Além disso, não possui camada epidérmica protetora que possa dificultar a perda de água (RONQUE, 1998).

Frutas processadas minimamente apresentam maior relação superfície/volume do que as inteiras, favorecendo a perda de água pelos seus tecidos. Danos mecânicos, tais como os provocados pelo descascamento, corte e outras etapas do processamento mínimo aumentam consideravelmente a taxa de evaporação de água, pois expõem a água dos espaços intercelulares dos tecidos internos à atmosfera ambiente. Agar et al.(1999) observaram que as operações de descascamento e corte em kiwi causaram um aumento de mais de 30% na perda de massa, após 3 dias de armazenamento, em comparação aos frutos *in natura*.

2.2.3.4. Firmeza

A perda acelerada da firmeza é considerada um dos principais fatores que limitam a vida útil de frutas e hortaliças processadas minimamente. É esperado que ocorra a perda da firmeza desse tipo de produto em resposta ao ferimento induzido, que aumenta a ação das enzimas que degradam a membrana e a parede celular (LANA et al., 2005). Mudança na firmeza é também uma consequência natural do processo de senescência e também da atmosfera na qual o fruto está armazenado (CORDENUNSI et al., 2003).

Operações de corte também podem resultar em perdas acentuadas da firmeza do tecido dos frutos. Enzimas pectinolíticas e proteolíticas contidas no exsudado das células danificadas podem se difundir para o interior dos tecidos. Contudo, o amaciamento pode ser também dependente de mudanças físicas e químicas. A transformação da protopectina em pectina solúvel em água, a diminuição da cristalinidade da celulose, o estreitamento da parede celular, a difusão do açúcar nos espaços intercelulares, a perda de turgor e a movimentação de íons da parede celular também podem causar amaciamento. O cálcio e seus sais têm sido usados para diminuir a perda de firmeza de uma grande variedade de frutas processadas minimamente (SOLIVA-FORTUNY e MARTÍN-BELLOSO, 2003).

Segundo Kader (2003), o uso de atmosfera controlada reduz a atividade das enzimas que degradam a parede celular e causam o amolecimento das frutas.

Wright e Kader (1997) estudaram o comportamento de morangos cv. Selva processados minimamente, cortados longitudinalmente em 4 pedaços, e armazenados por 7 dias a 5°C em diferentes atmosferas, e observaram que a superfície dos pedaços tinha aparência seca e a textura farinhenta. A firmeza, medida por meio da força de penetração, aumentou ao longo dos 7 dias de armazenamento em todos os tratamentos, sendo que a diferença entre eles não foi clara, variando de 1,1 N (início do experimento) a 1,8 N para os pedaços mantidos em atmosfera ambiente, a 1,6 N para os frutos *in natura*, a 1,7 N para os pedaços mantidos sob 2% O₂ (balanço N₂) e a 1,5 N para os pedaços mantidos sob 2% O₂ + 12% CO₂ (balanço N₂) e sob atmosfera ambiente + 12% CO₂.

Gil et al. (1997) estudaram o comportamento de morangos cv. Selva mantidos a 5°C sob diferentes atmosferas (atmosfera ambiente e atmosfera ambiente enriquecida com 10%, 20%, 40% CO₂) e observaram que a firmeza dos frutos diminuiu de 15,4 N para 4,2 N, após 5 dias de armazenamento, não havendo maiores mudanças após 10 dias. Segundo esses autores, não houve diferenças significativas entre os frutos tratados com CO₂ e os mantidos em atmosfera ambiente. Larsen e Watkins (1995), em seus estudos com morangos cv. Pajaro, observaram que elevadas concentrações de CO₂ resultaram em maior firmeza dos frutos, enquanto baixas concentrações de O₂ não afetaram este atributo.

2.2.3.5. Acidez e pH

Assim como os açúcares, os ácidos orgânicos são importantes componentes do sabor e aroma e a razão sólidos solúveis/acidez é freqüentemente utilizada como um índice de qualidade e de aceitabilidade pelo consumidor para frutas. Os ácidos podem afetar diretamente o sabor e o aroma das frutas e são importantes também no processamento das mesmas, pois afetam a formação de sabores e odores estranhos e a propriedade de geleificação da pectina. Além disso, os ácidos regulam o pH celular e podem influenciar o surgimento de pigmentos nos tecidos das frutas (MANNING, 1993).

Os ácidos orgânicos não voláteis são, depois dos açúcares solúveis, o segundo componente mais importante responsável pelo sabor de morangos (CORDENUNSI et al., 2003).

Diversos autores apontam que a utilização de atmosferas contendo altas concentrações de CO₂ podem interferir no pH intracelular de frutas e hortaliças aumentando a acidez. Segundo Bown (1985 apud HOLCROFT e KADER, 1999), a hidratação do CO₂ com produção de HCO₃⁻ e H⁺ podem reduzir o pH intracelular. Contudo, Holcroft e Kader (1999) borbulharam gás carbônico puro através de suco de morango e não detectaram mudanças de pH. Também verificaram que o pH do homogeneizado obtido de morangos mantidos em atmosfera com 20% de CO₂ não apresentava mudanças no pH. Contudo, aplicando o mesmo teste em melancia (pH=5,7) observaram redução de 0,1 unidade de pH, que voltou rapidamente ao valor inicial quando levado para atmosfera ambiente. Essas observações sugerem que a resposta a atmosferas com altas concentrações de CO₂ pode ser bastante diferente em frutas que têm vacúolo grande e ácido daquelas que possuem pH intracelular mais elevado.

Wright e Kader (1997) estudaram o comportamento de morangos cv. Selva processados minimamente, cortados longitudinalmente em 4 pedaços e armazenados por 7 dias a 5°C, e observaram que os valores de acidez titulável dos tratamentos apresentaram diferenças significativas entre si. Os frutos *in natura* apresentaram aumento na acidez titulável ao longo do armazenamento (0,86 - 0,90 mg 100g⁻¹). Os pedaços mantidos sob atmosfera contendo 2% O₂ (balanço N₂) não apresentaram mudanças significativas durante os 7 dias de armazenamento (0,86 - 0,84 mg 100g⁻¹), enquanto os pedaços mantidos em atmosfera ambiente apresentaram redução no valor de acidez (0,86 - 0,80 mg 100g⁻¹) e os tratamentos com 2% O₂ + 12% CO₂ (balanço N₂) e atmosfera ambiente enriquecida com 12% CO₂ tiveram perdas de acidez ainda maiores (0,86 - 0,79 e 0,86 - 0,75 mg 100g⁻¹, respectivamente).

Brecht et al. (2003) armazenaram morangos cv. Chandler por 2 semanas a 4°C e a 10°C para estudar os efeitos do uso de atmosfera controlada em temperaturas de armazenamento acima da ótima (0°C) para morangos e os resultados indicaram que os morangos armazenados sob 5% O₂ + 15% CO₂ (balanço N₂) apresentaram maior teor de acidez que os armazenados sob 10% O₂ + 20% CO₂ (balanço N₂).

2.2.3.6. Teor de Antocianinas

A modificação da cor na maioria dos frutos é o sintoma mais claro de amadurecimento. Essas mudanças são devidas à degradação da clorofila e à síntese de antocianinas e compostos fenólicos, sendo que no morango os predominantes são os ácidos clorogênicos, p-cumárico e neoclorogênico (LIMA, 1999). As antocianinas e os fatores que afetam sua síntese, seu conteúdo e sua estabilidade são os responsáveis pela cor do morango (HOLCROFT e KADER, 1999).

A utilização de baixas temperaturas, em combinação com a modificação da atmosfera de armazenamento, produz uma relação inversa entre a concentração de CO₂ e a concentração de antocianinas totais em morangos (GIL et al., 1997). Segundo este autor, a estocagem dos frutos em atmosferas com elevada concentração de CO₂ para controlar deteriorações pós-colheita induz o esbranquiçamento interno de morangos cv. Selva. Cordenunsi et al. (2003) também observaram que a utilização de atmosfera controlada/modificada com altas concentrações de CO₂ e baixas concentrações de O₂ afeta negativamente a coloração dos morangos, provavelmente como consequência da inibição das enzimas relacionadas à síntese de antocianinas.

Nos frutos maduros, as células são preenchidas de forma predominante pelo vacúolo, com o citoplasma sendo reduzido a uma fina camada comprimida entre o tonoplasto e a parede celular (HOLCROFT e KADER, 1999). No vacúolo se concentram os ácidos orgânicos, açúcares e compostos fenólicos, incluindo os pigmentos antocianínicos. O acúmulo de ácidos orgânicos resulta na formação de uma solução tampão. Apesar dessa capacidade tamponante, Gil et al. (1997) observaram aumento no pH e redução na acidez titulável (AT) em suco de morango armazenado sob altas concentrações de CO₂. Esse aumento no pH e redução na AT também foi observado por Ke et al. (1991) e Wright e Kader (1997).

Pelo fato do pH ter um efeito importante na estabilidade das antocianinas e na coloração dos frutos, particularmente em soluções aquosas, mudanças no pH, induzidas por tratamento com atmosfera controlada, podem causar perdas significativas na cor. O cátion flavulina vermelho (AH⁺) se mantém estável somente em condições ácidas. Mudanças na estabilidade das antocianinas podem resultar do ataque nucleofílico pelas moléculas de água nas posições 2 e/ou 4 na molécula de antocianina (Figura 2) para formar a pseudobase incolor,

hemiacetal, ou carbinol (B). A forma flavulina pode ser reestabelecida por acidificação. A forma incolor carbinol pode formar a chalcona amarela (C), pela abertura da estrutura do anel. Enquanto esta última reação é reversível, a forma chalcona pode ser irreversivelmente degradada. Quando o pH aumenta acima de 4, o grupo hidroxila na posição 4' pode perder um próton e formar a base quinonoidal azul (A). Aumentos de pH acima de 7 podem resultar na perda de um próton do grupo hidroxila na posição 7 para formar uma segunda base quinonoidal (A⁻) (BROUILLARD et al., 1997 apud HOLCROFT e KADER, 1999).

Segundo uma hipótese de Holcroft e Kader (1999), altas concentrações de CO₂ afetam o pH pela dissolução do gás CO₂ e/ou pelo efeito da atmosfera controlada no metabolismo dos ácidos orgânicos. Os mesmos autores ainda levantam a hipótese de que mudanças na concentração dos açúcares no tecido dos frutos *in natura* também podem afetar a estabilidade das antocianinas.

Os tecidos externos do morango contêm, em média, 90% de pelargonidina 3-glicosídeo (Pg 3-G), 7% de cianidina 3-glicosídeo (Cy 3-G) e 3% de pelargonidina 3-rutinosídeo (Pg 3-R), inicialmente, e os tecidos internos contêm 96% de Pg 3-G e 4% de Pg 3-R (HOLCROFT e KADER, 1999). Segundo esses autores, as quantidades relativas dos diferentes pigmentos não são afetadas pelos tratamentos com atmosfera controlada.

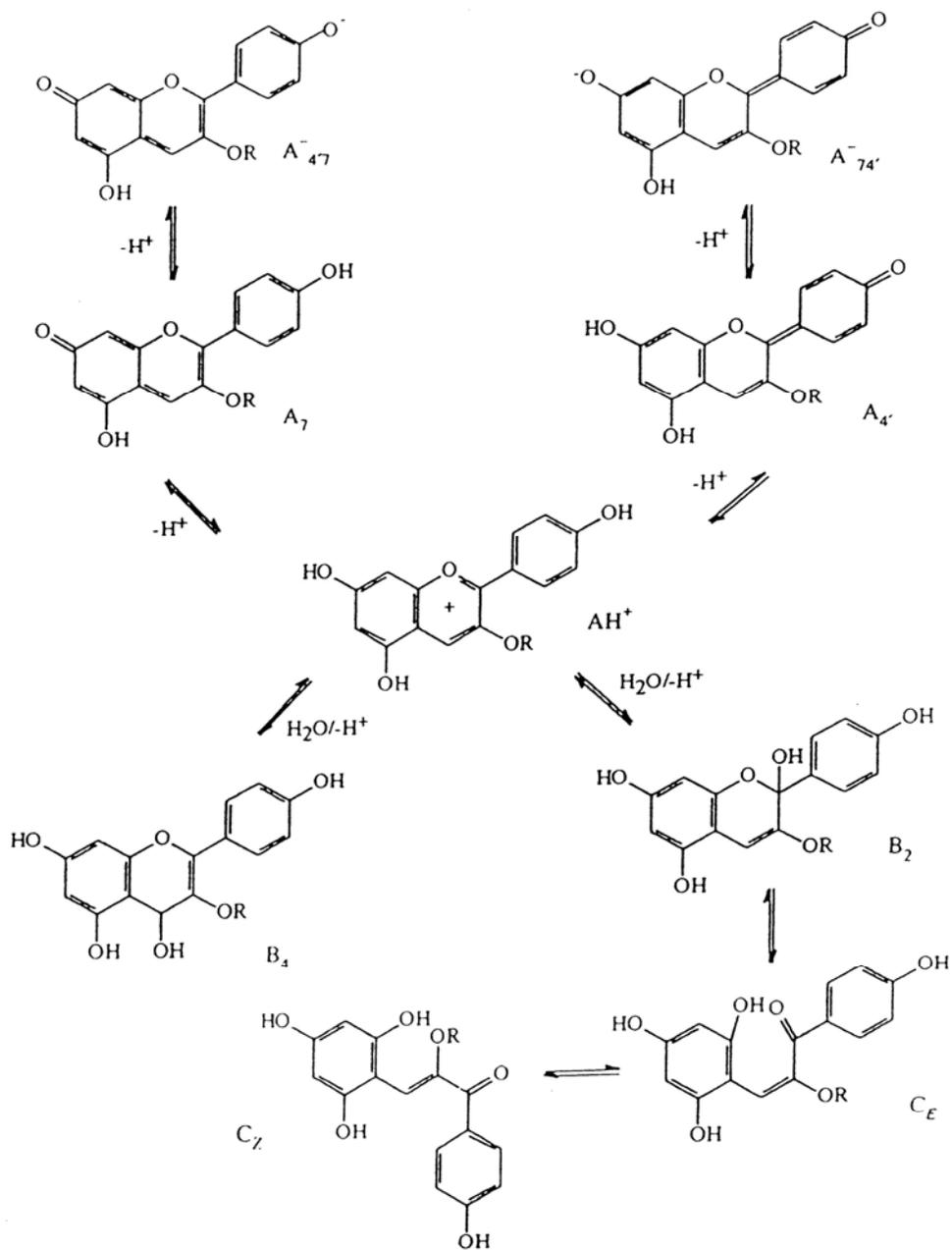


Figura 1. Transformações estruturais da pelargonidina 3-glicosídeo, onde A e A⁻ são as bases quinonoidais azuis, AH⁺ é o cátion flavulina vermelho, B₂ e B₄ são as pseudobases incolores carbinol e hemiacetal e C_E e C_Z são as chalconas (BROUILLARD et al., 1997 apud HOLCROFT e KADER, 1999).

Gil et al. (1997), estudando morangos cv. Selva armazenados a 5°C em diferentes atmosferas (atmosfera ambiente e atmosfera ambiente enriquecida com 10%, 20% e 40% CO₂), não encontraram diferenças significativas entre o teor inicial de antocianinas (120,2 µg g⁻¹) e os valores obtidos dos frutos armazenados. Os frutos armazenados em atmosfera ambiente apresentaram os maiores teores do pigmento, especialmente após o 5º dia de armazenamento (153,5 µg g⁻¹). Todavia esses valores não diferiram significativamente dos outros tratamentos. Os mesmos autores observaram ainda que os teores de antocianinas dos tratamentos com CO₂ foram reduzidos quando comparados com os frutos armazenados em atmosfera ambiente.

Gil et al. (1997) observaram ainda diferenças no metabolismo das antocianinas nos tecidos internos e externos dos morangos. Eles observaram que as amostras dos tecidos internos não tinham cianidina 3-glicosídeo, que confere uma cor mais vermelha que os derivados alaranjados da pelargonidina. Quando os níveis de CO₂ aumentaram, a concentração de pelargonidina 3-glicosídeo nos tecidos internos diminuiu, contrário ao aumento observado nos frutos mantidos em atmosfera ambiente. A cianidina 3-glicosídeo, localizada nos tecidos externos, pareceu ser bastante resistente à degradação. Houve um aumento na concentração deste pigmento após 10 dias de armazenamento nas atmosferas contendo 10% e 20% CO₂, explicando a coloração vermelha intensa observada nos frutos destes tratamentos. Os resultados obtidos por esses autores sugerem que a maior parte da degradação de antocianinas ocorre nos tecidos internos.

É difícil explicar a redução na cor de morangos armazenados sob atmosferas contendo altas concentrações de CO₂, e fatores como a co-pigmentação, pH e o metabolismo das antocianinas podem atuar de forma significativa na expressão da cor. O pH tem influência na cor e na estabilidade das antocianinas. Quando o pH aumenta, a cor diminui. Em pH 4-6, a maior parte das antocianinas fica sem cor. O pH do vacúolo é tipicamente mais baixo que de outras partes, o que contribui para a expressão da cor (GIL et al., 1997).

Os co-pigmentos mais eficientes na manutenção da estabilidade das antocianinas são os flavonóis, e eles estão exclusivamente localizados nos tecidos externos do morango. A estabilidade das antocianinas observada nos tecidos externos pode ser explicada pela co-pigmentação intermolecular com flavonóides e outros fenólicos, enquanto as antocianinas dos

tecidos internos, onde os flavonóides estão presentes em muito baixas concentrações, estão mais suscetíveis à degradação (GIL et al., 1997).

2.2.3.7. Desenvolvimento de Sabores e Odores Estranhos

A qualidade do sabor e aroma dos alimentos é uma combinação das impressões sensoriais de gosto detectadas pela língua e de odores sentidos pelo nariz. Informações sobre a química do sabor e aroma das frutas e dos produtos processados a partir delas têm uma grande importância para que a indústria de alimentos determine os melhores períodos de colheita e condições de armazenamento (MANNING, 1993).

Segundo Soliva-Fortuny e Martín-Belloso (2003), estudos sensoriais têm sido extensivamente realizados para avaliar a influência do processamento e das condições de armazenamento na percepção da qualidade de frutas processadas minimamente.

Estresses severos provocados pela atmosfera controlada ($<1\% \text{ O}_2$ e $> 20\% \text{ CO}_2$) diminuem o pH citoplasmático e os níveis de ATP, reduzindo a atividade da piruvato desidrogenase. A piruvato descarboxilase, a álcool desidrogenase e a lactato desidrogenase são induzidas ou ativadas. Tal fato causa elevação dos níveis de acetaldeído, etanol, acetato de etila e lactato de etila, que podem causar aromas indesejáveis aos frutos quando estes são expostos a condições de AC acima dos seus respectivos limites de tolerância (KADER, 2003).

Larsen e Watkins (1995), em experimento com morangos cv. Pajaro maduros (mais de 50% da superfície vermelha), mantidos a 0°C e sob atmosferas contendo 10% e 20% de CO_2 , observaram acúmulo de etanol e acetato de etila durante o armazenamento sob 20% de CO_2 . Também houve acúmulo de acetaldeído na atmosfera contendo 10% de CO_2 , porém em menores quantidades. Aumento na concentração de acetaldeído também foi observado nos frutos mantidos em atmosfera ambiente. Depois de removidos das atmosferas com altas concentrações de CO_2 , a concentração dos voláteis diminuiu. Esses sabores estranhos diminuíram após passadas 24 h da remoção dos frutos para atmosfera ambiente após 3 dias de armazenamento, mas não após 7 e 11 dias.

Os mesmos autores, em um segundo experimento, utilizaram concentrações de 0%, 4%, 8%, 12%, 16%, 20% e 24% de CO_2 e 1%, 2%, 4% e 8% de O_2 para armazenar morangos cv. Pajaro por 14 dias a 0°C e observaram, em relação ao controle, aumento na concentração

de acetaldeído na atmosfera contendo 24% de CO₂, aumento na concentração de acetato de etila na atmosfera contendo 16% de CO₂, com concentrações ainda maiores para 20 e 24% de CO₂ e aumento nas concentrações de etanol nas atmosferas contendo 20% e 24% de CO₂. As respostas às baixas concentrações de O₂ foram pequenas quando comparadas às mudanças na concentração de voláteis provocadas pelas altas concentrações de CO₂.

2.2.3.8. Alterações microbiológicas

Dentre os fitopatógenos que mais causam prejuízo ao morango, *Botrytis cinerea* representa um dos maiores problemas, principalmente na pós-colheita, causando o mofo cinzento, uma podridão muito comum que acomete o fruto em qualquer estágio de seu desenvolvimento (MITCHELL, 1992). A podridão pode se iniciar em qualquer ponto da superfície do fruto, mas geralmente começa no lado do fruto em contato com o solo. O tecido infectado é marrom claro, e posteriormente desenvolve abundante massa de micélio e esporos de aspecto cotonoso. Segundo este autor, a 0°C tal microrganismo continua a se desenvolver, mas em taxas muito lentas.

Outro tipo de desordem fitopatológica que ocorre nos frutos é a podridão mole, causada pelo fungo *Rhizopus stolonifer*, que é também uma doença característica de pós-colheita. Um dos controles mais eficientes nesta etapa é manter os frutos sob temperaturas abaixo de 5°C (FLORES-CANTILLANO, 2003; MITCHAM et al., 2004).

Em frutas frescas, fungos filamentosos e leveduras fermentativas frequentemente constituem a microbiota predominante, em razão do pH, que é geralmente abaixo de 4,0. Ocasionalmente, patógenos podem estar presentes em razão do uso de água contaminada, fertilizantes orgânicos preparados inapropriadamente, presença de animais e manipuladores infectados (VANETTI, 2004).

O controle da atividade de alguns microrganismos pode ser alcançado pelo uso de atmosfera controlada ou embalagens com atmosfera modificada. Ambientes com baixas concentrações de oxigênio retardam o crescimento dos principais deterioradores, como bactérias gram-negativas aeróbias estritas do gênero *Pseudomonas* e fungos filamentosos (VANETTI, 2004).

É evidente que os microrganismos se desenvolvam mais rapidamente nos produtos fracionados, devido à maior disponibilidade de nutrientes e à maior área de exposição à contaminação. Frutas e hortaliças processadas minimamente são um bom meio para o crescimento de microrganismos devido à perda de sua integridade durante as operações do processamento mínimo, que acelera as alterações fisiológicas, além de possibilitar o desenvolvimento de patógenos devido à contaminação através da manipulação sob condições inadequadas. O exsudado formado proveniente do corte é um meio rico para o crescimento de fungos e bactérias deteriorantes. Desta forma, esses fatores podem contribuir para a redução da qualidade e da vida útil do produto, podendo até mesmo constituir um risco à saúde do consumidor (BRACKETT, 1994).

A contaminação microbiana do produto final depende, até certo ponto, da microbiota inicial do produto fresco e também daquela adquirida durante seu manuseio e elaboração (GORNLY, 2001). Dessa forma, o aumento da microbiota será significativamente maior quando os microrganismos encontrarem condições favoráveis para seu crescimento e multiplicação.

Assim, vários são os fatores que irão interferir ou influenciar no tipo e no número de microrganismos presentes nestes produtos, destacando-se, entre outros, danos físicos, temperatura e condições atmosféricas de armazenamento, pH, umidade e/ou perda de água, tipo de processamento e manipulação, substâncias antimicrobianas presentes, conteúdo em nutrientes, irradiação e infecção microbiana. Todos estes fatores associados irão influenciar na taxa e velocidade de deterioração e, conseqüentemente, na vida útil dos produtos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Matéria-Prima

Morangos da cultivar Oso Grande foram colhidos no dia 20/09/2004, no período da manhã, em cultivo comercial localizado no município de Pouso Alegre-MG, e selecionados de acordo com tamanho (\pm 25-30mm) e cor (4/4 de coloração vermelha) desejados para o processamento mínimo. Os morangos foram acondicionados em caixas de papelão, forradas com plástico “bolha” para maior proteção dos frutos, onde foram dispostos em duas camadas. As caixas foram paletizadas e transportadas em veículo com temperatura em torno de 22°C para o Laboratório de Pós-colheita da Embrapa Agroindústria de Alimentos, localizada no município do Rio de Janeiro. Os frutos foram mantidos em câmara frigorífica a 5°C e umidade relativa de 85% por aproximadamente 10 horas até o início do processamento no dia seguinte. O tempo total entre a colheita e o início do processamento foi de aproximadamente 24 horas.

3.2. Processamento Mínimo

No dia 21/09/2004, no início da manhã, os morangos foram processados de acordo com o fluxograma da Figura 2. Inicialmente os frutos foram novamente selecionados, visando separar os que apresentaram algum tipo de dano mecânico provocado pelo transporte. Os frutos foram então processados minimamente em sala com ar refrigerado com temperatura em torno de 15°C. Primeiramente, foi realizada a operação de corte do cálice e do pedúnculo, utilizando-se facas amoladas, com lâmina de aço inoxidável. Em seguida, os frutos foram sanificados sob imersão em água com temperatura variando de 5°C a 8°C, contendo hipoclorito de sódio na concentração de 150 $\mu\text{L L}^{-1}$ de cloro ativo, por 10 minutos. Logo após os morangos foram submetidos ao enxágüe com água contendo 5 $\mu\text{L L}^{-1}$ de cloro ativo com temperatura também variando entre 5°C a 8°C, por 5 minutos, sendo depois colocados em escuradores para a drenagem da água em excesso. Posteriormente, foram colocados em bancada coberta com compressas de algodão, previamente esterilizadas em autoclave, para a completa retirada da água da superfície. Em seguida, os frutos processados minimamente

foram acondicionados em embalagens de polietileno tereftalato (PET), contendo cada uma aproximadamente 300 g de morango processado minimamente.

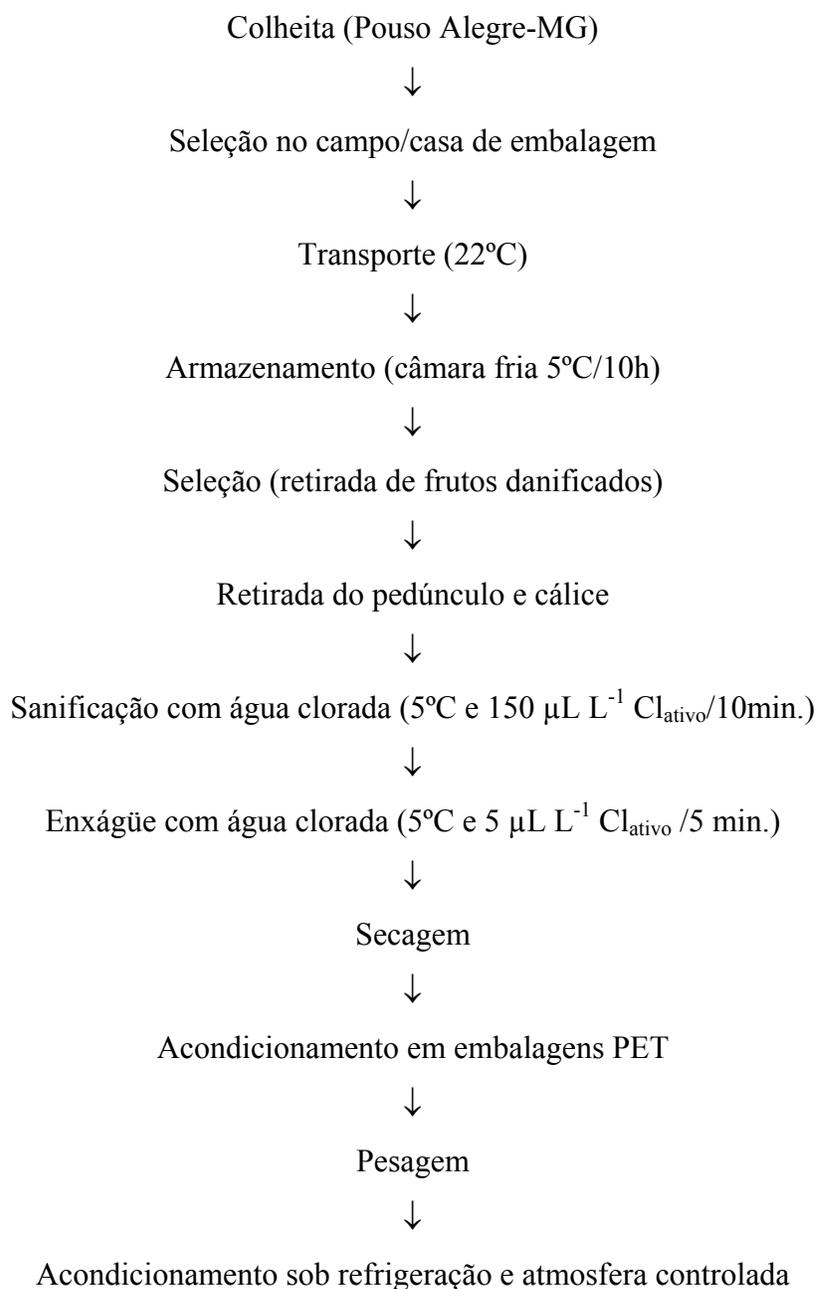


Figura 2. Fluxograma do processamento mínimo do morango.

3.3. Acondicionamento sob Atmosfera Controlada

Lotes experimentais de morango processado minimamente foram mantidos por 10 dias sob atmosfera controlada em câmaras frias a 5°C e a 10°C, com umidade relativa em torno de 85%, visando-se avaliar a qualidade dos frutos ao longo do armazenamento. O controle da atmosfera foi feito em microcâmaras, localizadas dentro das câmaras frias, e as seguintes composições atmosféricas foram estabelecidas: AC1 - 3% O₂ + 10% CO₂ (balanço N₂), AC2 - 3% O₂ + 15% CO₂ (balanço N₂), AA - Atmosfera Ambiente (controle).

Nesta etapa da pesquisa foi empregado um sistema automatizado de atmosfera controlada existente na Embrapa Agroindústria de Alimentos. O sistema é constituído por microcâmaras herméticas, com capacidade de 145 L e dimensões de 70 x 52 x 40 cm, por unidade, e conectadas a cilindros de gases, localizados em instalações apropriadas do lado de fora do planta de processamento. As microcâmaras são dotadas de porta transparente para permitir a visualização do produto em seu interior e encontram-se instaladas dentro de câmaras frias e conectadas a um sistema computadorizado acoplado a três fluxômetros, dois com fluxo de 25 L min⁻¹ e um com 5 L min⁻¹, além de um analisador de O₂ e CO₂ que fornece as concentrações destes gases em porcentagem. O sistema apresenta um *software* responsável pelo monitoramento dos gases de cada microcâmara, sendo o ajuste baseado na configuração destas em relação à composição gasosa requerida e as concentrações máximas e mínimas desejadas para O₂ e CO₂, além dos tempos determinados para a injeção automática, considerando-se os gases N₂, O₂ e CO₂, e o intervalo de adsorção automática para CO₂ e CH₄.

Para alcançar as concentrações programadas para os gases de conservação na instalação das atmosferas, realizou-se injeção de N₂ puro até que se baixasse a concentração atmosférica de O₂ para a concentração planejada. Em seguida, injetou-se CO₂ puro de modo a se elevar a concentração deste componente para os níveis desejados. O monitoramento das concentrações para determinação do momento para se cessarem as injeções foi realizado por meio de analisador de gases Kronenberger Technik, que, durante todo o período de armazenamento, enviou as informações das alterações das concentrações de gases, para que o sistema de controle da atmosfera realizasse as correções, ora injetando ar atmosférico para elevação do O₂, ora absorvendo CO₂, ao fazer circular a atmosfera da microcâmara por solução de KOH a 40%.

3.4. Análises Físicas e Físico-Químicas

As análises físico-químicas do produto processado minimamente foram realizadas no dia zero e nos dias 3, 7 e 10 do armazenamento. Foram realizadas as seguintes análises:

As análises a seguir foram realizadas com o fruto íntegro.

3.4.1. Perda de Massa. Obtida por meio da diferença entre as pesagens das embalagens contendo o produto em cada intervalo de tempo e o tempo zero. Os resultados foram expressos em porcentagem.

3.4.2. Cor Instrumental (valores de L e a). A leitura foi realizada em 10 frutos de cada repetição, em quatro pontos equidistantes na região equatorial de cada fruto e duas leituras na região onde foi removido o cálice/pedúnculo do fruto, por reflectância, no S & M Color Computer, modelo SM-4-CH da Suga, no sistema Hunter com abertura de 30 mm de diâmetro. Os parâmetros de cor medidos em relação à placa vermelha foram (L)=luminosidade (0=preto e 100=branco) e (a)=(-80 até zero = verde, do zero ao +100 = vermelho). O valor L é um indicador útil do escurecimento ao longo do armazenamento.

3.4.3. Firmeza. Medida por meio do Texture Analyser, modelo TA-Hdi, (Stable Micro Systems, Surrey, Reino Unido), usando célula de carga de 5 kg. O diâmetro da ponta de teste utilizada foi de 5 mm, com uma velocidade de penetração de $0,16 \text{ mm s}^{-1}$ e 3 mm de deformação da polpa. Os mesmos 10 morangos processados minimamente de cada repetição utilizados na análise da cor foram cortados ao meio e foi feita uma medida na região equatorial de cada metade. Os resultados foram expressos em Newtons (N).

As análises descritas a seguir foram realizadas a partir do extrato obtido por meio de trituração e homogeneização em *blender* dos morangos que compunham a unidade experimental (embalagem com 300g de morango).

3.4.4. pH. Determinado pelo titulador automático Titroline 96 Schott (SCHOTT AG, Mainz, Alemanha), de acordo com a ISO 1842 (1991).

3.4.5. Acidez Titulável (AT). Determinado pelo titulador automático Titroline 96 Schott (SCHOTT AG, Mainz, Alemanha), segundo a ISO 750 (1998). Na preparação da amostra para titulação, 10g do extrato foram pesados e diluídos em 40 mL de água destilada desgaseificada e tituladas com solução de NaOH 0,1N, até pH 8,1.

3.4.6. Sólidos Solúveis (SS). Determinado por meio da leitura em refratômetro digital Atago PR-101 (ATAGO Co. Ltd, Tokyo, Japão), com os resultados expressos em °Brix, de acordo com a ISO 2173 (1978).

3.4.7. Teor de Açúcares (Glicose, Frutose e Sacarose). Determinados segundo Macrae (1998). O método baseia-se na separação cromatográfica da amostra em coluna de Fase Reversa e conseqüente determinação da concentração dos açúcares por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE), utilizando método de padronização externa. Utilizou-se as seguintes condições cromatográficas: Coluna Amino 30 cm x 4,6 mm (High Performance Carbohydrate), fase móvel Acetonitrila 75% em água, com fluxo de 1,4 mL min⁻¹, detetor índice de refração com temperatura interna 45°C.

3.4.8. Antocianinas Totais. As antocianinas totais foram determinadas segundo o método de Spayd e Morris (1981) e Sistrunk e Morris (1978), baseados no método de Fuleki e Francis (1968). 2g do extrato foram pesados em becher utilizando-se balança analítica Ohaus Adventurer Marte (Pine Brook, New Jersey, USA), onde foram extraídos com 18 mL de solução EtOH-HCl, concentração 90:10 (v/v), (etanol 95% acidificado com 1,5 N HCl, pH da solução extratora igual a 1,0). A solução foi homogeneizada por 4 minutos em homegeneizador Omni (Polytron), Warrenton, Virginia, USA, deixando-se extrair por 1 hora. O floculado foi filtrado utilizando-se bomba a vácuo. Uma alíquota do filtrado obtido foi transferido para cubeta de quartzo de caminho ótico de 1 cm e levado para leitura no Espectrofotômetro de UV-Visível SPECORD 205. A leitura da absorbância das amostras foi lida em triplicata, no comprimento de onda de 520 nm. Os resultados foram expressos em mg

pelargonidina 3-glicosídeo (100g)⁻¹ de morango fresco, que foi calculado através da seguinte fórmula:

$$AT = (\text{Abs}_{520} \times V) / (E_{1\text{cm}}^{1\%} \times M)$$

Onde:

AT = Teor de antocianinas totais

Abs₅₂₀ = Absorbância da amostra a 520 nm

V = Volume aferido (mL)

E_{1cm}^{1%} = Coeficiente de extinção da PGN a 1% = 671,3

M = Massa da amostra (g)

Dados: Massa Molar da PGN = 433,2 g

Coeficiente de extinção molar da PGN: 2,908 x 10⁴

PGN = Pelargonidina 3-glicosídeo

3.5. Análise Sensorial

A avaliação sensorial foi realizada no Laboratório de Análise Sensorial da Embrapa Agroindústria de Alimentos, com o objetivo de avaliar a qualidade dos morangos processados minimamente durante o armazenamento, por meio da avaliação de atributos sensoriais de aparência, textura e sabor, utilizando o teste de comparação múltipla, conforme Meilgaard et al. (1999).

A avaliação sensorial do morango processado minimamente teve início com o treinamento da equipe, composta por 10 provadores, previamente selecionados. O treinamento constou de várias sessões, iniciando com o levantamento dos atributos de importância em morangos processados minimamente. Para isso, utilizaram-se diversas amostras de morango, procurando simular os principais problemas relacionados às características sensoriais do produto. Foram apresentadas aos provadores amostras do produto com características bastante diversificadas quanto ao frescor (amostras frescas e túrgidas e amostras murchas e ressecadas), quanto à coloração (de verde a vermelho e amarronzado), quanto à aparência (sadios e com injúrias), quanto ao sabor (característico e não característico) do produto, a fim de estimular e

enriquecer a discussão. Depois de feito o levantamento dos atributos, todas as características descritas por cada membro da equipe foram discutidas objetivando-se chegar ao consenso em relação às expressões que melhor descreviam e caracterizavam o produto, para que então fosse preparada a ficha para aplicação dos testes. Posteriormente, a equipe foi treinada na quantificação da intensidade de cada atributo e foram feitas reuniões para familiarizar os provadores com as fichas que foram utilizadas no teste final.

Após, foi realizado um último teste sensorial no treinamento utilizando-se as cabines de prova. Foi montado um experimento (pré-teste), com o objetivo de simular os principais problemas relacionados com as características sensoriais que poderiam ocorrer nos frutos durante o período de armazenamento. Nesse experimento, morangos processados minimamente foram mantidos durante 10 dias em atmosfera ambiente, nas temperaturas 5°C e 10°C, e amostras do produto foram retiradas para treinar a equipe ao longo do experimento.

Os atributos sensoriais avaliados pelos provadores e suas respectivas definições são apresentados na Tabela 1.

Os testes foram realizados aos 3, 7 e 10 dias do armazenamento, nos quais as amostras foram avaliadas pela manhã com uma repetição no período da tarde. A ordem de apresentação das amostras foi balanceada e seguiu o delineamento proposto por Macfie e Bratchell (1989). Todas as amostras foram servidas à temperatura ambiente. As amostras de cada tratamento foram codificadas com números de três dígitos e comparadas com a referência (morangos processados minimamente mantidos a 5°C e em atmosfera ambiente), que recebeu a codificação R.

A escolha dos morangos processados minimamente mantidos a 5°C e em atmosfera ambiente para serem referência se deveu a dois fatores: 1) a grande dificuldade de se conseguir morango *in natura* do mesmo produtor e com as mesmas características dos frutos colhidos no início do experimento para cada dia de teste; 2) a temperatura de 5°C, apesar de não ser a ideal para o armazenamento de morangos (0°C), é a mais utilizada comercialmente pelos produtores desse fruto e por grande parte dos boxes das centrais de abastecimento e supermercados.

Os provadores avaliaram um total de 6 amostras por teste, provenientes da combinação das três atmosferas de armazenamento (3% O₂ + 10% CO₂, 3% O₂ + 15% CO₂, atmosfera ambiente) com as duas temperaturas (5°C e 10°C). Em cada dia de avaliação as amostras

foram comparadas com a amostra referência do dia (R = morangos processados minimamente mantidos a 5°C e em atmosfera ambiente) através do teste de comparação com o padrão utilizando escalas que variaram de 1 a 9; sendo 1 (= extremamente menos intenso que a referência), 5 (= igual a referência) e 9 (= extremamente mais intenso que a referência).

Tabela 1. Atributos sensoriais avaliados pelos provadores e respectivas definições.

ATRIBUTO	DEFINIÇÃO
Aparência	
• <i>Intensidade de cor vermelha</i>	Cor vermelha característica de morango fresco e maduro.
• <i>Brilho</i>	Brilho característico de morango fresco e túrgido.
• <i>Murcho</i>	Característica de morango que perdeu água em excesso.
• <i>Presença de injúrias</i>	Danos mecânicos já existentes na epiderme dos frutos e que se tornaram visíveis ou aumentaram durante o armazenamento.
• <i>Incidência de fungos</i>	Visualização de estruturas fúngicas a olho nu.
• <i>Ressacamento na região do corte</i>	Ressacamento característico de regiões que sofreram algum tipo de dano físico, como o corte.
Textura	
• <i>Borrachuda</i>	Textura de produto murcho, com consistência de borracha, que provoca resistência ao mastigar.
Sabor	
• <i>Característico</i>	Sabor agradável, característico de morango fresco e isento de sabor estranho.
• <i>Gosto doce</i>	Gosto doce característico de morango fresco e maduro.
• <i>Gosto ácido</i>	Gosto ácido característico de morango fresco e maduro.
• <i>Gosto passado</i>	Sabor indesejável, característico de produto fermentado.

As amostras de morangos processados minimamente de cada tratamento foram retiradas dos seus respectivos locais de armazenamento no início da manhã e levadas para o laboratório de análise sensorial. As amostras avaliadas no período da tarde foram mantidas em geladeira e retiradas com antecedência de 3 horas do horário do teste.

Para avaliação dos atributos de aparência, morangos de cada tratamento foram selecionados ao acaso e dispostos em pequenas bandejas plásticas brancas, que foram apresentadas aos provadores sob iluminação com luz branca. Para avaliação dos atributos de textura e sabor, os morangos processados minimamente de cada tratamento foram cortados em quatro partes no sentido longitudinal e os pedaços misturados entre si. Esse procedimento foi necessário para homogeneizar as amostras e evitar variação de sabor entre elas. As amostras, padronizadas, foram servidas em copinhos de plástico descartáveis, sob iluminação com luz vermelha, a fim de mascarar as diferenças de aparência. Os testes foram realizados em cabines individuais de prova. Os provadores utilizaram água mineral para lavar o palato no intervalo entre as amostras.

3.6. Análises Microbiológicas

Os morangos processados minimamente (PM) foram avaliados microbiologicamente quanto à presença de *Salmonella* sp, no tempo zero, quanto à presença de coliformes a 35°C (totais) e de termotolerantes (fecais), no tempo zero e no último dia do armazenamento (10º dia), quanto à contagem total de fungos filamentosos e leveduras e contagem total microrganismos aeróbios psicotróficos, no tempo zero e no 3º, 7º e 10º dia do armazenamento. A avaliação inicial dos frutos (tempo zero) foi realizada após a etapa do processamento mínimo. As análises foram realizadas conforme metodologia descrita por Downes e Ito (2001).

Os morangos de cada repetição (parcelas de 300g de morango PM) foram triturados e homogeneizados em *blender*. A diluição 10^{-1} foi preparada pesando-se 25 g do extrato obtido e adicionando-se 225 mL de água peptonada 0,1%. As diluições sucessivas foram preparadas retirando 1mL da diluição anterior e adicionando em 9 mL de água peptonada 0,1%.

A carga bacteriana de aeróbios psicotróficos foi quantificada pelo método de plaqueamento em superfície em meio Ágar Padrão para Contagem (PCA). As placas foram incubadas invertidas a 7°C, por 10 dias, e o resultado expresso em unidades formadoras de colônia por grama do produto fresco (UFC g⁻¹). A população de fungos filamentosos e leveduras foi determinada pelo método de plaqueamento em superfície em meio Ágar Dichloran-Rose Bengal-Chloranphenicol (DRBC) - DIFCO. As placas foram incubadas

invertidas a 25°C por 7 dias. O resultado foi expresso em unidades formadoras de colônia por grama do produto fresco (UFC g⁻¹). A determinação de coliformes termotolerantes e totais foi realizada por meio de placas Petrifilm da 3M, incubadas a 35°C ± 2°C/24h. A metodologia empregada para a detecção de *Salmonella* sp envolveu a etapa de pré-enriquecimento em caldo lactosado a 35°C ± 2°C/24h, enriquecimento seletivo em caldo de enriquecimento Rappaport-Vassiliadis (RVS) a 35°C ± 2°C/24h e caldo Tetrionato Verde Brillante (TT) a 42,5°C ± 2°C/24h, plaqueamento seletivo-indicador nos meios Ágar Xilose Lisina-Desoxicolato (XLD), Ágar Hektoen e Ágar Bismuto-Sulfito, incubados a 35°C ± 2°C/24h. As colônias suspeitas são identificadas bioquimicamente por triagem nos meios Ágar Lisina-Ferro (LIA) e Ágar Três Açúcares e Ferro (TSI) a 35°C ± 2°C/24h. Após esta triagem, o crescimento característico de *Salmonella* deve ser confirmado por provas bioquímicas específicas, utilizando-se kits comercialmente disponíveis.

3.7. Análise Estatística

3.7.1. Análises Físicas e Físico-Químicas

O delineamento estatístico foi o inteiramente casualizado, com 18 tratamentos provenientes de um fatorial 3 x 2 x 3, sendo 3 atmosferas, 2 temperaturas e 3 tempos de avaliação, com 3 repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando-se o *software* STATISTICA e as médias comparadas pelo teste LSD a 5% de probabilidade.

3.7.2. Análise Sensorial

O delineamento estatístico foi o inteiramente casualizado, com 18 tratamentos provenientes de um fatorial 3 x 2 x 3, sendo 3 atmosferas, 2 temperaturas e 3 tempos de avaliação, com 2 repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando-se o programa XLSTAT do *software* EXCEL e as médias comparadas pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os morangos processados minimamente (PM) mantidos sob atmosfera ambiente (AA) e sob a atmosfera contendo 3% O₂ + 10% CO₂ (AC1) à 10°C apresentaram crescimento de fungos filamentosos e leveduras bastante aparente no 10º dia de armazenamento. Dessa forma, optou-se por não realizar as análises físico-químicas destes tratamentos neste dia. Pela falta destes resultados, não foi possível tratar estatisticamente os dados obtidos até o 10º dia de armazenamento comparando-se as duas temperaturas. Sendo assim, optou-se por trabalhar somente com os dados obtidos até o 7º dia de armazenamento, podendo-se, desta forma, realizar a análise estatística dos resultados.

4.1. Análises Físicas e Físico-Químicas

4.1.1. Perda de Massa

Foram observadas diferenças significativas para os fatores atmosfera, tempo de armazenamento e para as interações temperatura-tempo e atmosfera-tempo ($p < 0,05$). A perda de massa foi significativamente maior para os frutos processados minimamente mantidos sob AA, em ambas as temperaturas. Os frutos PM armazenados nas atmosferas 3% O₂ + 10% CO₂ (AC1) e 3% O₂ + 15% CO₂ (AC2) não diferiram significativamente entre si em nenhum dos períodos analisados, tanto a 5°C quanto à 10°C (Figura 3).

Em relação ao tempo de armazenamento, observou-se que os frutos PM mantidos sob AA tiveram perda de massa significativa ao longo do armazenamento, e cada período de armazenamento diferiu significativamente entre si, nas duas temperaturas avaliadas. Adicionalmente, observou-se que no 7º dia de armazenamento a perda de massa dos frutos PM mantidos sob AA, em ambas as temperaturas, foi significativamente maior que as dos demais tratamentos. Não houve perda significativa de massa nos frutos PM mantidos nas atmosferas AC1 e AC2 do 3º para o 7º dia de armazenamento quando mantidos a 5°C, contudo, a 10°C, houve perda de massa significativa nesse mesmo período nos frutos mantidos sob AC1. (Figura 3).

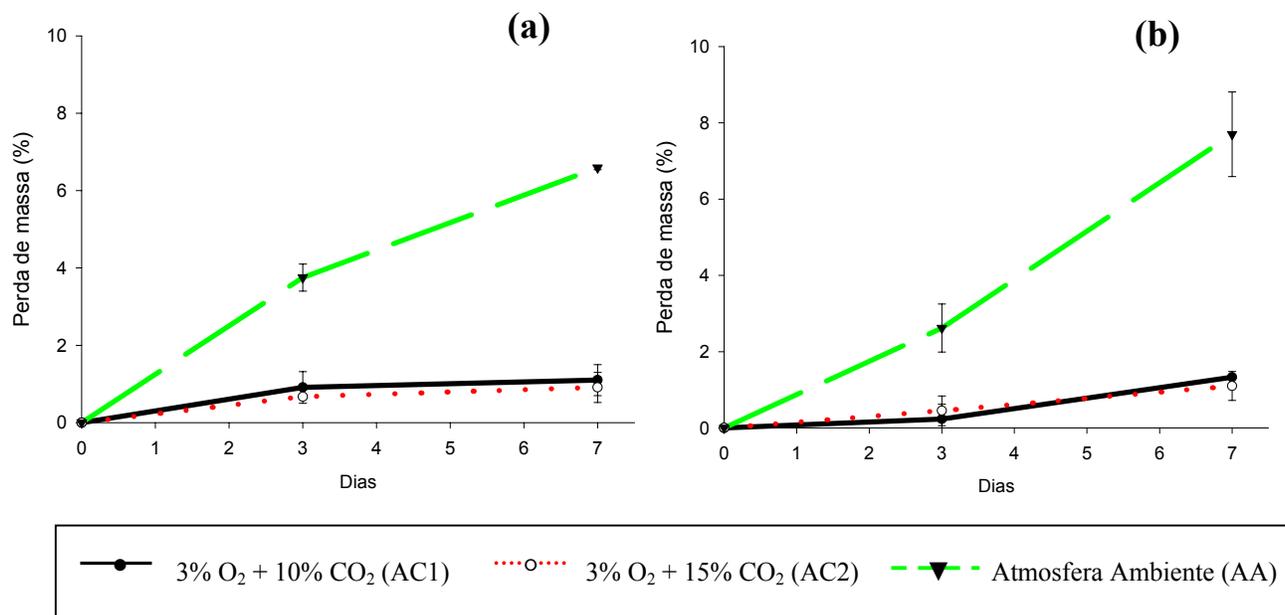


Figura 3. Variação da perda de massa em morangos processados minimamente e mantidos sob atmosfera controlada, a 5°C (a) e a 10°C (b) e 85% UR. As barras verticais representam o desvio padrão da média.

A perda de massa no 7º dia de armazenamento para os morangos PM mantidos sob AA foi de 6,6 %, a 5°C e de 7,7 %, a 10°C. Já para os frutos mantidos nas atmosferas AC1 e AC2 os valores foram, respectivamente, 1,1 % e 0,9 %, a 5°C e 1,33 % e 1,10 %, a 10°C (Figura 3). Acredita-se que a maior parte dessa perda de massa se deu na forma de perda de água.

Os resultados encontrados estão de acordo com Calegari et al. (2002), que observaram em morangos cv. Oso Grande *in natura* e armazenados a 1°C que os frutos mantidos em atmosfera ambiente apresentaram maior perda de massa que os mantidos nas atmosferas contendo 3% O₂ + 10% CO₂ e 5% O₂ + 15% CO₂ (balanço N₂), após 7 e 14 dias de armazenamento. Após estes períodos de armazenamento os frutos mantidos em atmosfera ambiente perderam 17,1% e 23,7% de massa, respectivamente, os mantidos sob 3% O₂ + 10% CO₂ perderam 2,4% e 2,8% de massa, respectivamente, e os mantidos sob 5% O₂ + 15% CO₂ perderam 1,8% de massa em 7 dias, que se manteve constante até o 14º dia.

Segundo Ronque (1998), a percentagem máxima de perda de água para o morango se tornar inaceitável comercialmente é de 6% de seu peso na colheita. Sendo assim, verificou-se

neste experimento que somente os frutos mantidos nas atmosferas AC1 e AC2 encontravam-se comercialmente aceitáveis após 7 dias de armazenamento.

A grande perda de massa ocorrida nos frutos processados minimamente e mantidos sob AA pode ser explicada pelo acelerado metabolismo dos frutos deixados nessa condição, com subsequente aumento da transpiração pelo tecido vegetal.

4.1.2. Firmeza

Foram observadas diferenças significativas para os fatores atmosfera, tempo de armazenamento e para a interação entre eles ($p < 0,05$). A temperatura de armazenamento, de maneira isolada, não afetou significativamente esta variável (Figura 4).

Em geral, os frutos PM mantidos nas atmosferas AC1 e AC2 apresentaram firmeza superior aos mantidos sob AA. No 3º dia de armazenamento a 5°C, houve diferença significativa entre os frutos PM mantidos nas atmosferas AC2 (1,62 N) e AA (1,39 N), que não diferiram dos mantidos sob AC1 (1,58 N). (Figura 4a).

No 7º dia de armazenamento a 5°C, os valores de firmeza dos frutos PM mantidos nas atmosferas AC1 (1,38 N), AC2 (1,62 N) e AA (1,11 N) diferiram significativamente entre si ($p < 0,05$). Os frutos PM mantidos sob AA, à 5°C, foram os que apresentaram os menores valores médios de firmeza no período avaliado, diferindo de todos os demais tratamentos. Os valores de firmeza encontrados no 7º dia de armazenamento para os frutos PM mantidos sob AC1 e AC2 não diferiram dos encontrados no início do experimento (Figura 4a).

No 3º dia de armazenamento, a 10°C, não houve diferença significativa entre as atmosferas de armazenamento. Entretanto, no 7º dia, houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os valores de firmeza dos frutos PM mantidos nas atmosferas AC2 (1,36 N) e AA (1,15 N), que não diferiram dos mantidos sob AC1 (1,28) (Figura 4b).

Não houve variação significativa de firmeza ao longo do armazenamento nos frutos PM mantidos nas atmosferas AC1 e AC2, em ambas as temperaturas. Os valores de firmeza encontrados no 3º dia de armazenamento para as três atmosferas, tanto a 5°C quanto à 10°C, não diferiram significativamente do valor encontrado no dia zero, contudo, os valores de firmeza encontrados no 7º dia para os morangos mantidos sob AA, em ambas as temperaturas, foram significativamente menores que no início do experimento (Figura 4).

O armazenamento sob atmosfera controlada reduz a atividade metabólica do tecido vegetal como um todo. Assim, ao reduzir a atividade metabólica global, contribui também para que seja reduzida a atividade das enzimas de metabolização da parede celular o que, em última análise, faz com que o amolecimento dos tecidos ocorra de forma mais lenta.

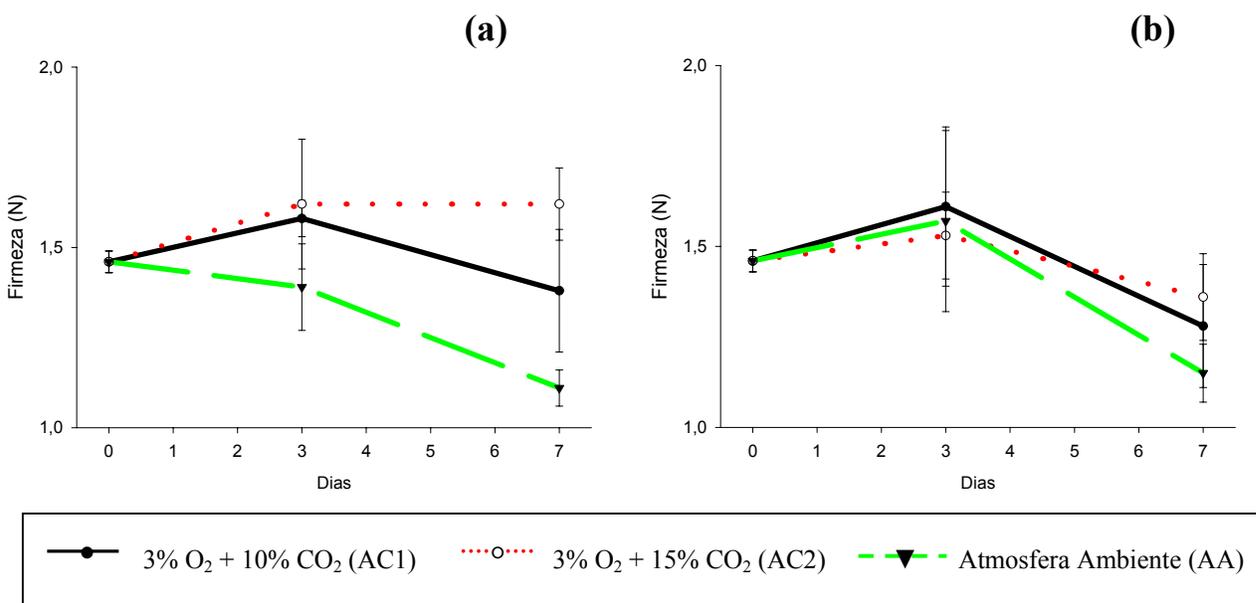


Figura 4. Variação da firmeza em morangos processados minimamente e mantidos sob atmosfera controlada, a 5°C (a) e a 10°C (b) e 85% UR. As barras verticais representam o desvio padrão da média.

Os resultados observados neste trabalho estão de acordo com os experimentos conduzidos por Brackmann et al. (2001). Estes autores verificaram o efeito da utilização de elevadas concentrações de CO₂ no prolongamento da vida pós-colheita de morangos cv. Oso Grande *in natura* e observaram que, quanto maior a concentração de CO₂, maior era a firmeza da polpa dos frutos. Larsen e Watkins (1995) também observaram em morangos cv. Pajaro que elevadas concentrações de CO₂ resultaram em maior firmeza dos frutos, enquanto baixas concentrações de O₂ não afetaram essa variável.

Tudela et al. (2003) observaram redução significativa na firmeza em morangos cv. Aroma *in natura* mantidos sob atmosfera ambiente e sob 5% O₂ + 10% CO₂ (balanço N₂), após 17 dias a 2°C e 95% UR, enquanto que para os frutos armazenados sob 5% O₂ + 15% CO₂ (balanço N₂) não houve variação significativa na firmeza.

Pressupõe-se que o aumento da firmeza observado no 3º dia de armazenamento na maioria dos tratamentos, apesar de não significativo, pode ser devido à intensa atividade metabólica dos frutos PM nos primeiros dias após o processamento mínimo, ou seja, até que ocorresse a completa cicatrização do tecido injuriado pelo corte. Esse ressecamento da epiderme dos frutos faz com que eles tenham maior resistência à penetração da ponteira teste, aumentando os valores de firmeza. A perda de firmeza pelos morangos processados minimamente observada após 7 dias de armazenamento, pode ser efeito do processamento mínimo e do processo de senescência. Segundo Watada et al. (1990) e Rolle e Chism (1987), esse tipo de processamento aumenta a perecibilidade do produto, dado o aumento da atividade metabólica e da descompartimentalização de enzimas e substratos, podendo resultar em perda de firmeza e outras alterações. A perda de firmeza durante o armazenamento provavelmente está relacionada à hidrólise enzimática dos componentes da parede celular. Enzimas proteolíticas e pectinolíticas liberadas das células danificadas pelo corte também podem se difundir para os tecidos internos, provocando perda de firmeza.

Foi encontrada correlação entre a perda de massa e a firmeza dos frutos ($r = - 0,61$; $p < 0,05$), ou seja, a firmeza foi inversamente proporcional à perda de massa. Essa correlação se deu principalmente entre os frutos mantidos sob AA.

Os resultados obtidos estão, em parte, de acordo com os encontrados por Gil et al. (1997) que, estudando o comportamento de morangos cv. Selva *in natura* mantidos a 5°C e sob diferentes atmosferas (10%, 20%, 40% CO₂ e atmosfera ambiente), observaram que a firmeza dos mesmos diminuiu após 5 dias de armazenamento, não havendo maiores mudanças após 10 dias. Estes autores, porém, não observaram diferenças significativas de firmeza entre os tratamentos com CO₂ e atmosfera ambiente. Ao contrário do observado neste experimento, Wright e Kader (1997) observaram aumento na firmeza em morangos cv. Selva processados minimamente ao longo do armazenamento, tanto para os tratamentos mantidos sob atmosfera controlada quanto para os mantidos em atmosfera ambiente.

Os valores de firmeza obtidos ao longo do período de armazenamento (entre 1,1 N e 1,6 N), estão de acordo com os encontrados por Cordenunsi et al. (2002) para frutos da cultivar Oso Grande (~ 1,2 N).

4.1.3. pH

Foram observadas diferenças significativas somente para o fator tempo de armazenamento ($p < 0,05$). A temperatura e a atmosfera de armazenamento, avaliadas de maneira isolada, não tiveram efeito significativo (Figura 5).

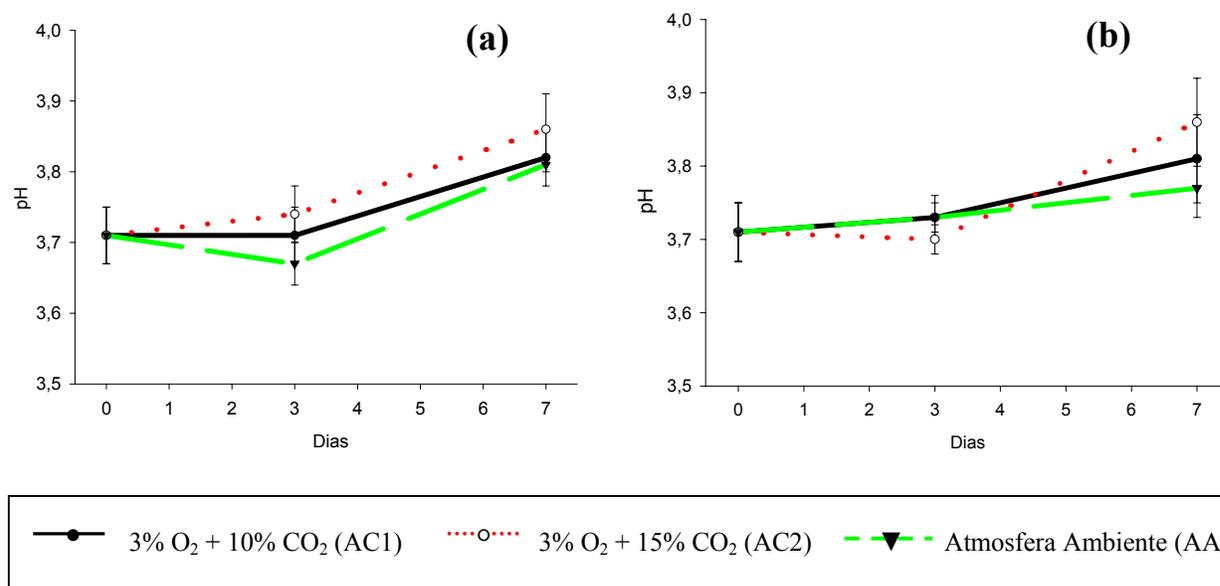


Figura 5. Variação do pH em morangos processados minimamente e mantidos sob atmosfera controlada, a 5°C (a) e a 10°C (b) e 85% UR. As barras verticais representam o desvio padrão da média.

Houve aumento significativo no pH dos frutos PM de todos os tratamentos no 7º dia de armazenamento, com exceção dos mantidos sob AA, a 10°C, nos quais esse aumento não foi significativo (Figura 5).

No 3º dia de armazenamento, a 5°C, houve diferença significativa de pH entre os frutos mantidos nas atmosferas AC2 (3,74) e AA (3,67), que não diferiram dos mantidos sob AC1 (3,71). Não houve diferença entre as atmosferas de armazenamento no 7º dia de armazenamento, nesta mesma temperatura. A 10°C não houve diferença significativa entre as atmosferas no 3º dia de armazenamento. Porém, no 7º dia, houve diferença significativa entre AC2 (3,86) e AA (3,77) ($p < 0,05$), que não diferiram da AC1 (3,81) (Figura 5b).

Embora a diferença entre as atmosferas não tenha sido expressiva neste trabalho, diversos autores (GIL et al., 1997, HOLCROFT e KADER, 1999, KE et al., 1991, WRIGHT e KADER, 1997) comprovaram que altas concentrações de CO₂ afetam o pH pela dissolução do gás CO₂ e/ou pelo efeito da atmosfera controlada no metabolismo dos ácidos orgânicos.

Gil et al. (1997) observaram aumento de pH e redução na acidez titulável em morangos cv. Selva *in natura* mantidos sob ar atmosférico enriquecido com 40% CO₂. Porém, não encontraram diferenças significativas entre os frutos mantidos em atmosfera ambiente e os mantidos em ar atmosférico enriquecido com 10% e 20% CO₂. De maneira similar, Ke et al. (1991) observaram que os tratamentos com altas concentrações de CO₂ (20, 50 e 80%) causaram aumento no pH de morangos após 10 dias de armazenamento, tanto a 0°C quanto à 5°C. Wright e Kader (1997) estudaram o comportamento de morangos minimamente processados e armazenados por 7 dias a 5°C e observaram que o pH dos pedaços de morangos aumentou ao longo do período de armazenamento, em todos os tratamentos. Aos 7 dias de armazenamento, os pedaços de morango mantidos sob atmosfera ambiente e sob 2% O₂ (balanço com N₂) apresentaram valores de pH superiores ao do fruto intacto, e os armazenados sob 2% O₂ + 12% CO₂ (balanço com N₂) apresentaram valores ainda maiores e os armazenados sob 21% O₂ + 12% CO₂ (balanço com N₂) apresentaram pH ainda maior.

Tudela et al. (2003) armazenaram morangos cv. Aroma *in natura* por 17 dias a 2°C e 95% UR, sob diferentes condições atmosféricas (5% O₂ + 10% CO₂, 5% O₂ + 15% CO₂ e atmosfera ambiente), e observaram aumento de pH em todos os tratamentos após o período de armazenamento, sendo que o maior aumento foi para os frutos armazenados sob 5% O₂ + 15% CO₂.

4.1.4. Acidez Titulável (AT)

Foram observadas diferenças significativas para os fatores tempo de armazenamento, interação atmosfera-temperatura e interação tempo-temperatura-atmosfera ($p < 0,05$). A atmosfera e a temperatura de armazenamento, isoladas, não influenciaram significativamente a acidez titulável dos frutos processados minimamente.

Em geral, a acidez titulável dos frutos PM diminuiu significativamente ao longo do período de armazenamento, com exceção dos mantidos em AA a 5°C, que mantiveram a

acidez constante (Figura 6a). Houve redução significativa da acidez titulável (8,33%) no 7º dia de armazenamento nos frutos mantidos sob AA quando a temperatura aumentou de 5°C (0,60 mg 100g⁻¹) para 10°C (0,55 mg 100g⁻¹), não havendo diferença significativa entre os frutos mantidos sob AC1 e sob AC2.

Tanto no 3º quanto no 7º dia de armazenamento a 5°C houve diferença significativa entre os frutos mantidos sob as atmosferas AC2 e a AA, que não diferiram dos mantidos sob AC1 (Figura 6a). No 3º dia de armazenamento a 10°C os frutos mantidos sob AC1 (0,54 mg 100g⁻¹) diferiram significativamente dos mantidos nas atmosferas AC2 (0,61 mg 100g⁻¹) e AA (0,58 mg 100g⁻¹), que não diferiram significativamente entre si. No 7º dia de armazenamento não houve diferenças entre as atmosferas (Figura 6b).

A 5°C somente os frutos mantidos sob AC2 tiveram perdas significativas na acidez titulável ao longo do período de armazenamento, cerca de 10% do valor inicial. (Figura 6a). A 10°C, do dia zero para o 3º dia de armazenamento somente os frutos mantidos na AC1 tiveram redução significativa na acidez titulável, cerca de 10%. Do dia zero para o 7º dia houve redução na acidez titulável dos frutos PM mantidos nas três atmosferas (Figura 6b).

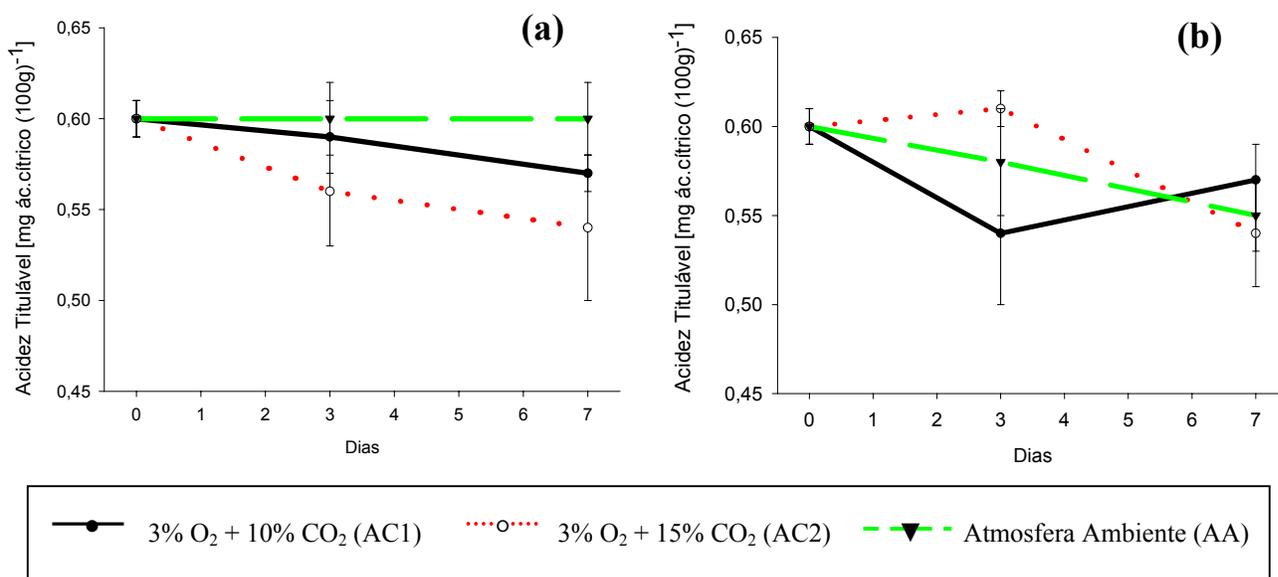


Figura 6. Variação da acidez titulável em morangos processados minimamente e mantidos sob atmosfera controlada, a 5°C (a) e a 10°C (b) e 85% UR. As barras verticais representam o desvio padrão da média.

Os resultados encontrados estão de acordo com GIL et al. (1997), que também observaram um decréscimo significativo nos valores de acidez titulável em morangos cv. Selva *in natura* mantidos em atmosfera contendo 40% CO₂, após 5 e 10 dias de armazenamento a 5°C. Wright e Kader (1997) também observaram redução significativa na AT de morangos cv. Selva processados minimamente e armazenados por 7 dias a 5°C, tanto em atmosfera ambiente quanto em atmosferas com diferentes concentrações de O₂ e CO₂. Assim como no presente experimento, estes autores observaram que os frutos PM mantidos nas atmosferas contendo altas concentrações de CO₂ foram os que tiveram maior redução na AT.

Brecht et al. (2003) avaliaram os efeitos do uso de atmosfera controlada em morangos cv. Chandler após 1 semana de armazenamento a 4°C e a 10°C (+ 1 dia a 20°C) e os resultados indicaram que os frutos armazenados sob 5% O₂ + 15% CO₂ (balanço N₂) apresentaram teores de acidez significativamente maiores que os armazenados sob 10% O₂ + 20% CO₂ (balanço N₂).

Apesar do resultado encontrado neste trabalho estar de acordo com diversos autores, que também observaram aumento de pH e redução da acidez em morangos mantidos sob atmosfera controlada, existe a hipótese de que atmosferas contendo altas concentrações de CO₂ podem interferir no pH intracelular de frutas e hortaliças aumentando a acidez e reduzindo o pH, por meio da hidratação do CO₂ com produção de HCO₃⁻ e H⁺ e /ou pelo seu efeito no metabolismo dos ácidos orgânicos.

Segundo Holcroft e Kader (1999), embora o aumento do pH em morangos armazenados possa ser devido ao efeito de uma ação externa, como em alface, a acidificação do vacúolo nesses frutos devido à dissociação do ácido carbônico é pouco provável. O acúmulo de ácidos fracos, como o cítrico e o málico, significa que o vacúolo está tamponado, enquanto o contrário é observado tanto em alface quanto em abacate. Enquanto a dissociação de ácido carbônico no citoplasma é passível de ocorrer, uma vez que o vacúolo é acidificado, a dissociação do ácido carbônico deve ser mínima e é provável que a capacidade tamponante do tecido possa absorver essas mudanças. Alternativamente, no pH vacuolar bicarbonatos poderiam se formar e aumentar o pH, mas essas mudanças deveriam ser também tamponadas.

4.1.5. Sólidos Solúveis (SS)

Foram observadas diferenças significativas somente para a interação tempo-temperatura-atmosfera ($p < 0,05$). A temperatura, a atmosfera e o tempo de armazenamento, de maneira isolada, não afetaram significativamente o teor de sólidos solúveis (Figura 7).

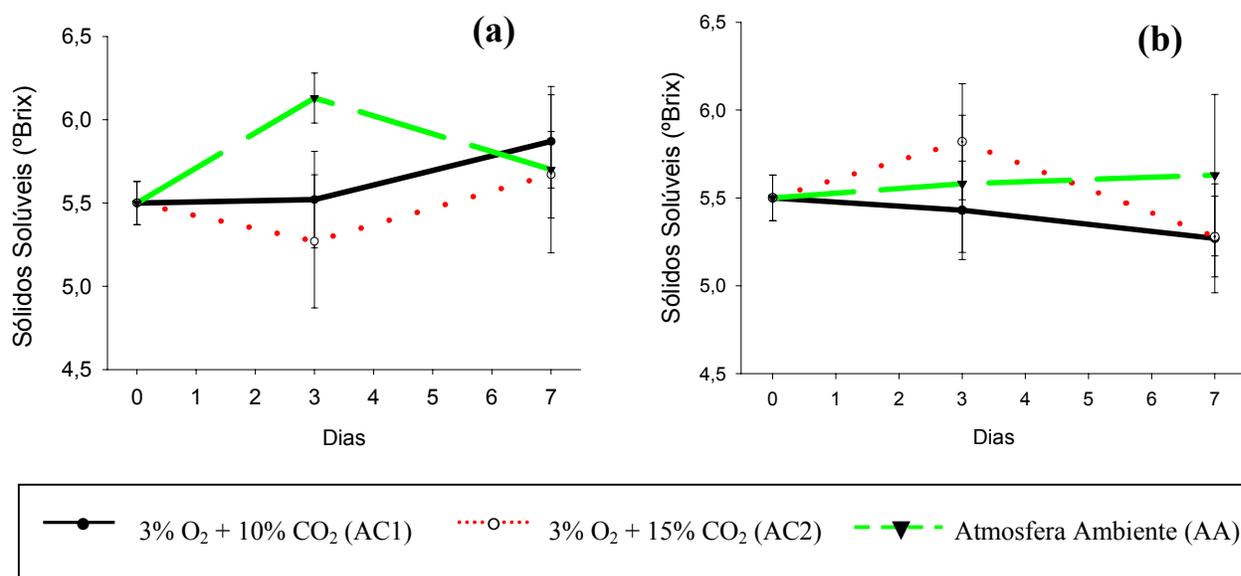


Figura 7. Variação do teor de sólidos solúveis em morangos processados minimamente e mantidos sob atmosfera controlada, a 5°C (a) e a 10°C (b) e 85% UR. As barras verticais representam o desvio padrão da média.

Os únicos frutos PM cujos valores de sólidos solúveis encontrados diferiram significativamente dos valores encontrados no dia zero (5,5° Brix) foram os armazenados na AA à 5°C, avaliados no 3° dia do armazenamento (6,1° Brix). Neste dia esses frutos apresentaram teores de SS significativamente superiores aos mantidos nas AC1 (5,5° Brix) e AC2 (5,27° Brix) (Figura 7a). No 7° dia de armazenamento não foram observadas diferenças significativas entre as atmosferas, tanto a 5°C quanto à 10°C (Figura 7). A 10°C, os morangos armazenados na AC2 tiveram uma redução significativa no teor de sólidos solúveis do 3° para o 7° dia de armazenamento, contudo, os valores encontrados no 7° dia não diferiram significativamente dos encontrados no início do experimento. Os frutos MP mantidos nas

demais atmosferas não apresentaram mudanças significativas ao longo do período de armazenamento a 10°C (Figura 7b).

Os resultados encontrados estão de acordo com Wright e Kader (1997), que estudando o comportamento de morangos cv. Selva processados minimamente e armazenados em atmosferas contendo diferentes concentrações de O₂ e CO₂, por 7 dias a 5°C, não observaram diferenças significativas nos teores de sólidos solúveis (7,1% a 8,6%) entre os tratamentos e ao longo do armazenamento.

Experimentos conduzidos por Gil et al. (1997) mostraram um ligeiro decréscimo no teor de sólidos solúveis de morangos *in natura* após 5 dias de armazenamento em atmosfera ambiente e após 10 dias em armazenamento em altas concentrações de CO₂ (10, 20 e 40%). Porém não encontraram diferenças significativas entre os tratamentos, assim como no presente trabalho.

As diferenças significativas encontradas para a variável SS podem ser explicadas pela variabilidade das amostras de morango PM, que apesar de terem sido selecionados quanto à cor no início do experimento, apresentavam diferenças entre si, e atribuíveis a diferenças no estágio de maturação dos frutos.

4.1.6. Teor de Açúcares

4.1.6.1. Sacarose

Não foi detectada presença de sacarose em nenhuma das amostras avaliadas. Tendo-se na literatura trabalhos que indicam que o teor de sacarose em morangos é em torno de 1% do total de açúcares, pode ter ocorrido uma hidrólise da sacarose contida nos frutos em glicose + frutose no período entre a colheita e o processamento, sendo que os frutos encontravam-se maduros e foram resfriados somente 12 horas após a colheita. Nunes et al. (1995a) observaram em experimentos com morangos reduções expressivas nos teores de açúcares (glicose, frutose e sacarose) nos frutos que tiveram uma demora de 6 horas para serem resfriados, em relação aos frutos que tiveram resfriamento imediato após a colheita.

Cordenunsi *et al.* (2003) avaliaram as mudanças físico-químicas relacionadas à qualidade de cinco cultivares de morango durante armazenamento refrigerado (6°C) e observaram que a sacarose desapareceu em todas elas no 2º dia de armazenamento. Os

mesmos autores propõem que a alta atividade metabólica dos frutos pode ter contribuído para o consumo de sacarose pelo tecido, já que o desaparecimento da sacarose não resultou em aumento nos teores de glicose e frutose na maioria das cultivares estudadas. Estes autores afirmam que nada é mencionado na literatura sobre o desaparecimento de sacarose em morangos frescos recém colhidos. Forney e Breen (1986 apud CORDENUNSI et al., 2003) encontraram um acentuado decréscimo no teor de sacarose, mas somente em morangos sobremaduros.

4.1.6.2. Frutose

Foram observadas diferenças significativas para os fatores atmosfera e tempo de armazenamento ($p < 0,05$). A temperatura de armazenamento, de maneira isolada, não afetou significativamente esta variável.

Foi observada diferença significativa para o fator atmosfera no 3º dia de armazenamento a 5°C, no qual os frutos PM mantidos sob AA ($3,27 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$) apresentaram teor de frutose significativamente superior aos frutos mantidos nas demais atmosferas (2,14 e $2,15 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$, AC1 e AC2, respectivamente), que não diferiram entre si (Figura 8a), e no 7º dia de armazenamento a 10°C, no qual os frutos PM mantidos nas atmosferas AA ($3,28 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$) e AC1 ($2,52 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$) diferiram significativamente entre si, porém não diferiram dos mantidos sob AC2 ($3,06 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$) (Figura 8b).

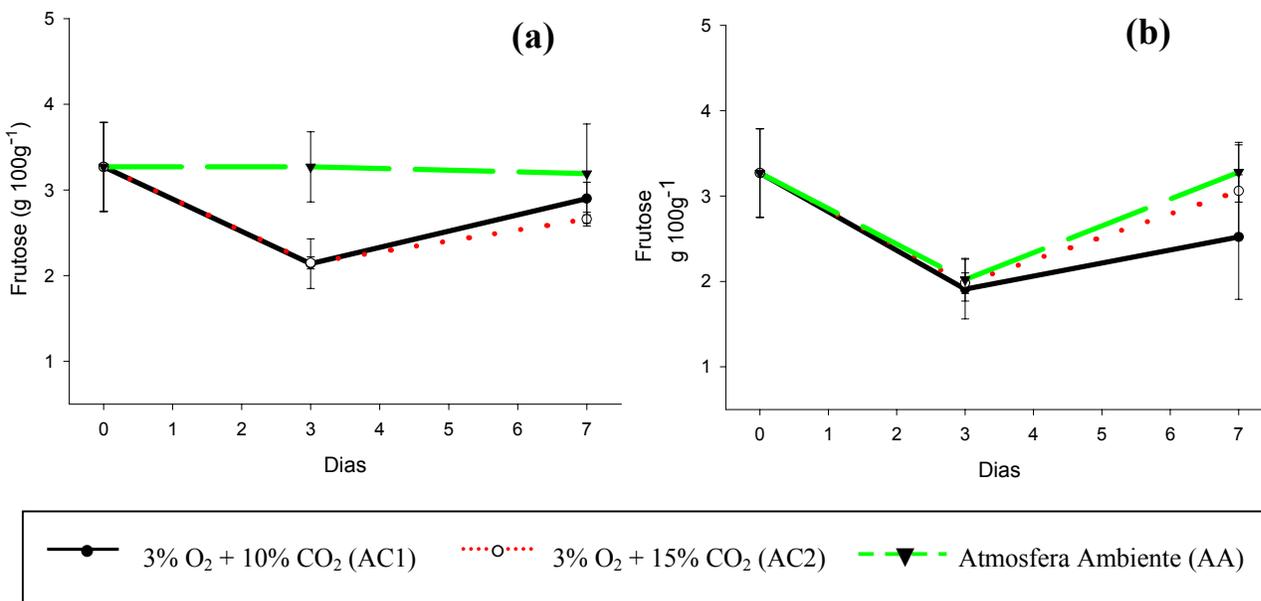


Figura 8. Variação do teor de frutose em morangos processados minimamente e mantidos sob atmosfera controlada, a 5°C (a) e a 10°C (b) e 85% UR. As barras verticais representam o desvio padrão da média.

Em relação ao tempo de armazenamento, observa-se que houve redução significativa nos teores de frutose do dia zero (3,27 g 100g⁻¹) para o 3º dia de armazenamento em todos os tratamentos, em ambas as temperaturas, exceto nos frutos PM mantidos sob AA a 5°C, que mantiveram o teor deste açúcar constante (3,27 g 100g⁻¹). No 7º dia de armazenamento só houve redução significativa nos teores de frutose em relação ao dia zero nos frutos PM mantidos sob AC1 e a 10°C (2,52 g 100g⁻¹) (Figura 8).

4.1.6.3. Glicose

Foram observadas diferenças significativas para o fator tempo de armazenamento ($p < 0,05$). A temperatura e a atmosfera de armazenamento, avaliadas de maneira isolada, não influenciaram significativamente os teores de glicose.

De maneira geral, os teores de glicose no final do armazenamento (7º dia) não diferiram significativamente dos encontrados no início (2,31 g 100g⁻¹), com exceção dos frutos mantidos em AA a 10°C, que apresentaram teor de glicose significativamente superior ao valor inicial (3,53 g 100g⁻¹).

No 3º dia de armazenamento, tanto a 5º quanto à 10ºC, houve redução nos teores de glicose em todos os tratamentos, porém não significativa (Figura 9). Não houve diferença significativa no 3º dia de armazenamento entre os frutos mantidos sob AA a 5ºC e a 10ºC (2,23 e 1,50 g 100g⁻¹, respectivamente).

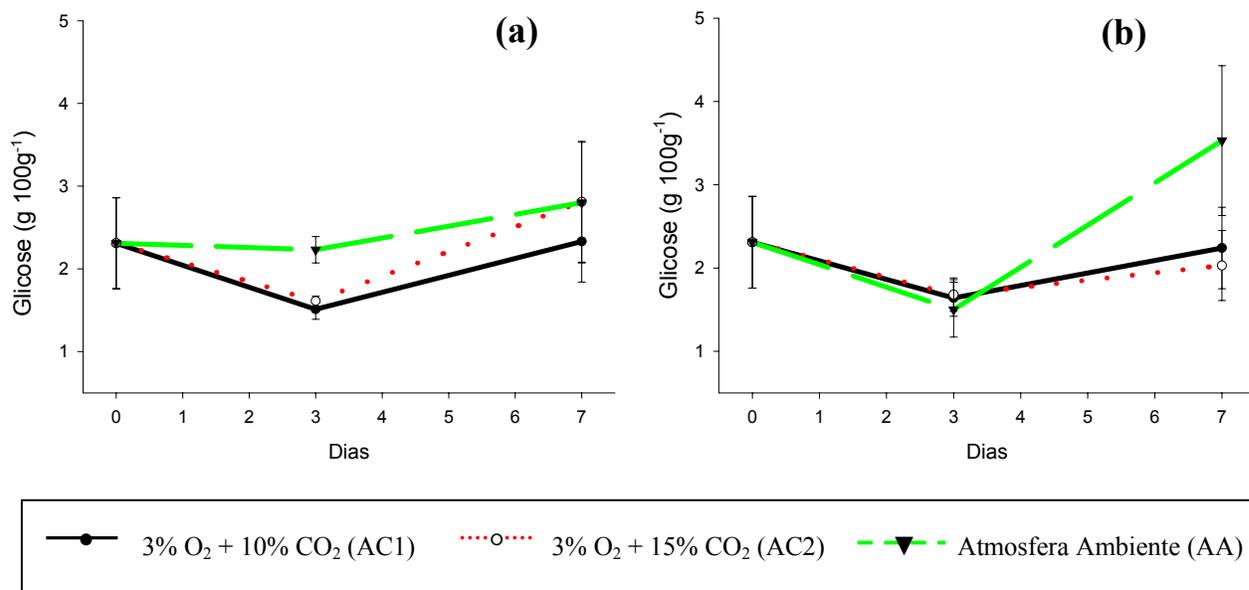


Figura 9. Variação do teor de glicose em morangos processados minimamente e mantidos sob atmosfera controlada, a 5ºC (a) e a 10ºC (b) e 85% UR. As barras verticais representam o desvio padrão da média.

No 3º dia de armazenamento não houve diferença significativa entre as atmosferas, tanto a 5ºC quanto à 10ºC. No 7º dia, a 5ºC, também não foram observadas diferenças significativas entre as atmosferas. Porém, neste mesmo dia, a 10ºC, o teor de glicose dos frutos mantidos na AA (3,53 g 100g⁻¹) foi significativamente superior ao dos frutos mantidos nas atmosferas AC1 e AC2 (2,24 e 2,03 g 100g⁻¹, respectivamente) (Figura 9).

O fato do teor de glicose e de frutose, na maioria dos tratamentos, ter diminuído no 3º dia de armazenamento e no 7º dia apresentarem valores próximos ao inicial, pode ser devido ao aumento no metabolismo dos frutos logo após o processamento mínimo, causado pelos estresses físicos aos quais foram submetidos, aumentando a taxa respiratória e fazendo com que ocorresse uma queda dos teores de glicose e frutose nos primeiros dias do armazenamento, até estabelecer-se o equilíbrio. O aumento no teor destes açúcares, observado

no 7º dia, pode estar relacionado, em parte, à concentração dos mesmos no tecido vegetal provocado pela perda de água observada nos frutos durante o armazenamento, principalmente os mantidos em atmosfera ambiente.

Assim como neste trabalho, Pelayo et al. (2003) não observaram reduções significativas nos teores de glicose e de frutose ao longo do armazenamento de morangos das cultivares Aromas, Diamante e Selva armazenados em atmosfera ambiente e em atmosfera ambiente + 20% CO₂, a 5°C. Estes autores também não observaram diferenças significativas entre as atmosferas de armazenamento, exceto no 11º e no 13º dias para morangos cv. Selva, onde a concentração de frutose foi significativamente menor nos frutos mantidos em atmosfera ambiente + 20% CO₂ que nos mantidos em atmosfera ambiente, o que também foi constatado neste experimento com morangos cv. Oso Grande processados minimamente.

4.1.7. Antocianinas Totais

Foram observadas diferenças significativas somente para atmosfera de armazenamento ($p < 0,05$). A temperatura e o tempo de armazenamento, avaliados isoladamente, não afetaram significativamente o teor de antocianinas totais (Figura 10).

A variação verificada nos teores de antocianinas em função da alteração da atmosfera de armazenamento demonstra a influência dos elevados níveis de CO₂ no metabolismo dos pigmentos de morangos processados minimamente. Adicionalmente, as alterações verificadas no pH dos frutos, como visto anteriormente, também podem influenciar o metabolismo e a estabilidade desses pigmentos, ocasionando perdas significativas de cor. Trabalhos realizados por Holcroft e Kader (1999) indicam que há relação direta entre a concentração de CO₂ e a redução na síntese de antocianinas.

No 3º dia de armazenamento, a 5°C, houve diferença significativa entre os frutos PM mantidos sob AA (24,24 mg 100g⁻¹) e sob AC2 (19,93 mg 100g⁻¹). No 7º dia de armazenamento, nesta mesma temperatura, não houve diferença significativa entre as atmosferas (Figura 10a).

No 3º dia de armazenamento a 10°C não houve diferença significativa entre as atmosferas. Porém no 7º dia, nesta mesma temperatura, os frutos PM mantidos sob AA (24,68

mg 100g⁻¹) diferiram significativamente das atmosferas AC1 (19,14 mg 100g⁻¹) e AC2 (20,13 mg 100g⁻¹), que não diferiram entre si. (Figura 10b).

Não houve variação significativa no teor de antocianinas dos frutos PM em nenhuma das atmosferas ao longo do armazenamento, tanto a 5°C quanto à 10°C. Em geral, os frutos armazenados sob AA apresentaram teor de antocianinas totais superior aos armazenados nas atmosferas AC1 e AC2 (Figura 10).

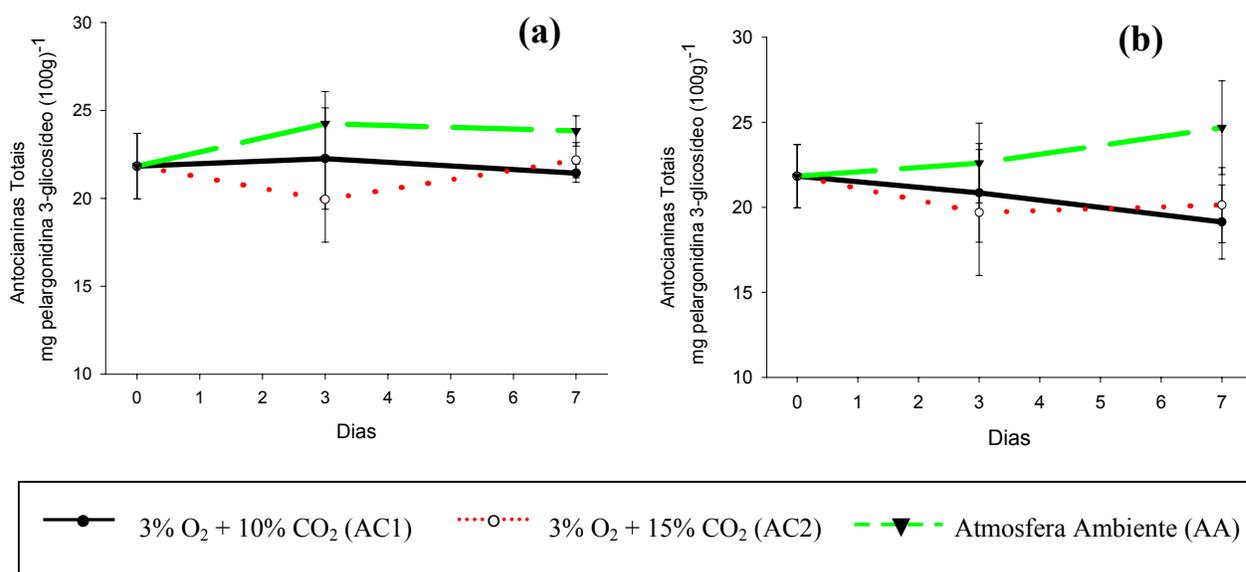


Figura 10. Variação do teor de antocianinas totais em morangos processados minimamente e mantidos sob atmosfera controlada, a 5°C (a) e a 10°C (b) e 85% UR. As barras verticais representam o desvio padrão da média.

Os resultados encontrados estão de acordo com Holcroft e Kader (1999), que observaram que os tecidos externos de morangos armazenados sob atmosfera ambiente e sob 2% O₂ (balanço N₂) apresentaram maiores teores de antocianinas, após 5 e 10 dias, que os armazenados sob 0,5% O₂ (balanço N₂) e sob as atmosferas contendo altas concentrações de CO₂.

Gil et al. (1997), em experimento com morangos cv. Selva armazenados a 5°C e em diferentes atmosferas (10, 20, 40% CO₂ e atmosfera ambiente), também observaram que os frutos armazenados sob atmosfera ambiente foram os que apresentaram os maiores teores de antocianinas totais, especialmente após o 5º dia de armazenamento (153,5 µg g⁻¹). Contudo,

esses valores não diferiram significativamente dos outros tratamentos. Assim como neste trabalho, os autores observaram que houve uma redução nos teores de antocianinas nos frutos dos tratamentos com CO₂, quando comparados com os frutos armazenados sob atmosfera ambiente.

Não houve influência do tempo de armazenamento no teor de antocianinas totais dos frutos processados minimamente, o que está de acordo com Gil et al. (1997), que também não encontraram diferenças significativas entre o teor de antocianinas inicial (120,2 µg g⁻¹) e os valores obtidos a partir dos frutos armazenados.

4.1.8. Cor Instrumental

A análise estatística das variáveis de cor instrumental só pôde ser feita entre os dias 3 e 7 do armazenamento, não sendo possível recuperar os resultados do dia zero.

- valor *a*

Foram observadas diferenças significativas para o fator tempo de armazenamento e para interação temperatura-atmosfera ($p < 0,05$). A temperatura e a atmosfera de armazenamento, isoladas, não tiveram efeito significativo sobre esta variável.

Houve redução significativa nos valores de *a* do 3º para o 7º dia de armazenamento em todos os tratamentos. As três atmosferas apresentaram o mesmo comportamento (Figura 11).

A diferença significativa observada para interação atmosfera-temperatura se deu somente no 7º dia de armazenamento, onde os frutos PM mantidos sob AC1 apresentaram coloração vermelha mais intensa (maior valor *a*) a 10°C do que a 5°C (Figura 11).

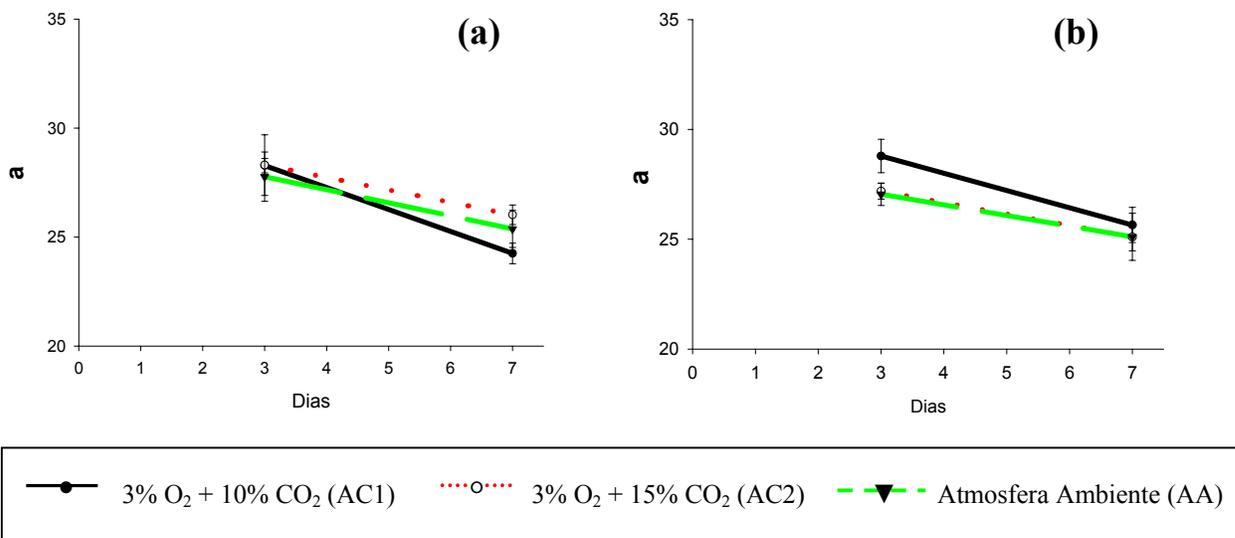


Figura 11. Variação do valor *a* em morangos processados minimamente e mantidos sob atmosfera controlada, a 5°C (a) e a 10°C (b) e 85% UR. As barras verticais representam o desvio padrão da média.

No 3º dia de armazenamento, a 10°C, o valor *a* dos frutos PM mantidos sob AC1 foi significativamente maior que o dos mantidos sob AA e sob AC2 (Figura 11). Estes resultados divergem dos encontrados por Wright e Kader (1997), que observaram que os valores de *a* dos pedaços de morango mantidos sob atmosfera ambiente e sob 2% O₂ (balanço N₂) não apresentaram mudanças significativas ao longo dos 7 dias de armazenamento a 5°C. Contudo, os resultados encontrados para a AC1 e AC2 estão de acordo com os encontrados por estes autores, que observaram que os pedaços mantidos sob atmosfera ambiente + 12% CO₂ e 2% O₂ + 12% CO₂ (balanço N₂) apresentaram decréscimo do valor *a* no mesmo período. Estes autores observaram ainda que os frutos *in natura* armazenados em atmosfera ambiente apresentaram um aumento significativo nos valores de *a* durante os 7 dias de armazenamento.

Tudela et al. (2003) também observaram redução significativa nos valores de *a* em morangos cv. Aroma *in natura* mantidos sob 5% O₂ + 10% CO₂ (balanço N₂), 5% O₂ + 15% CO₂ (balanço N₂) e atmosfera ambiente, a 2°C e 95% UR, após 17 dias de armazenamento.

Pelo fato do pH ter um efeito importante na estabilidade das antocianinas e na coloração dos frutos, particularmente em soluções aquosas, mudanças no pH induzidas por tratamento com atmosfera controlada podem causar perdas significativas de cor (HOLCROFT

e KADER, 1999). Quando o pH aumenta, a cor diminui, sendo que em pH 4-6 a maior parte das antocianinas fica sem cor (GIL et al., 1997). Wrolstad et al. (1970 apud Holcroft e Kader, 1999) calcularam que uma mudança de pH de 3,21 para 3,81 poderia significar uma mudança na forma flavulina (cátion de cor vermelha) de 37% para 13%, e concluíram que a redução do pH melhora a estabilidade da cor de morangos mais do que qualquer outro fator. O aumento de pH verificado em todos os tratamentos do 3º para o 7º dia de armazenamento (Figura 5) pode, portanto, estar relacionado com a redução significativa de cor vermelha (valor *a*) em todos os tratamentos observada no mesmo período. Entretanto, o fato de não ter havido diferenças significativas de cor entre as atmosferas de armazenamento possivelmente ocorreu devido à capacidade tamponante do vacúolo de frutos de morango, já descrita anteriormente, que impediu que ocorressem mudanças significativas de pH provocadas pela ação do CO₂.

- Luminosidade (*L*)

Não foram observadas diferenças significativas para nenhum dos fatores avaliados (Figura 12).

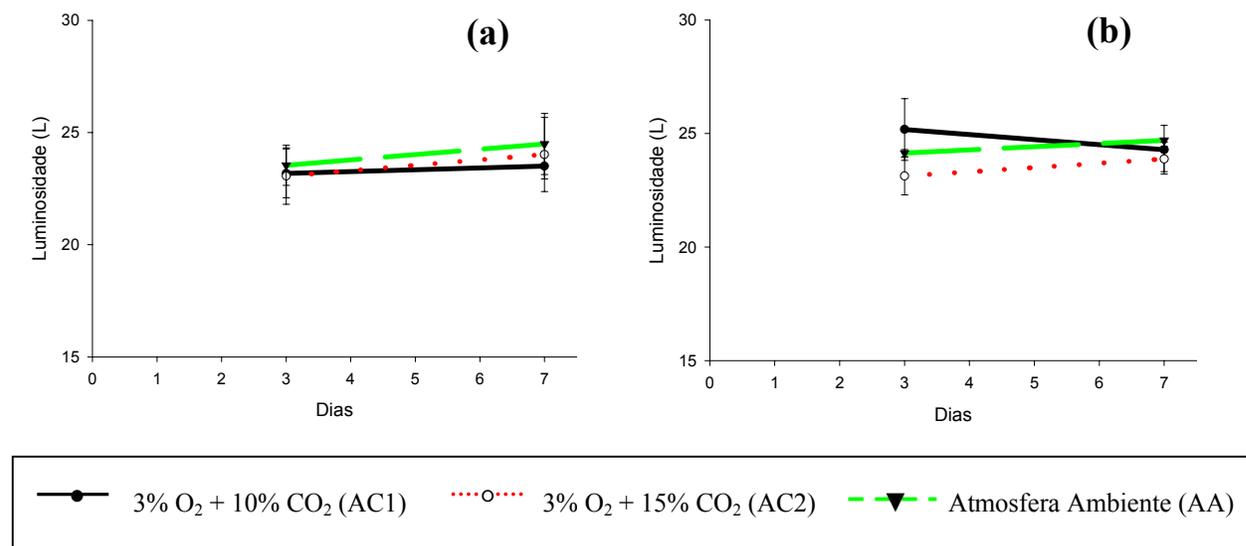


Figura 12. Variação da luminosidade em morangos processados minimamente e mantidos sob atmosfera controlada, a 5°C (a) e a 10°C (b) e 85% UR. As barras verticais representam o desvio padrão da média.

O valor L é um indicador de escurecimento ao longo do armazenamento, que pode ser causado tanto por reações oxidativas quanto pelo aumento da concentração de pigmentos. Como neste trabalho houve redução significativa nos valores de a do 3º para o 7º dia em todos os tratamentos, o valor L deveria aumentar.

Wright e Kader (1997) avaliaram o comportamento de morangos cv. Selva processados minimamente, armazenados por 7 dias a 5°C em diferentes atmosferas, e observaram que os pedaços de todos os tratamentos apresentaram valores de luminosidade (L) menores durante os 3 primeiros dias, com o fruto intacto também tendendo a esse decréscimo. Contudo, no 7º dia de armazenamento, os frutos processados minimamente armazenados sob atmosfera ambiente + 12% CO₂ e 2% O₂ + 12% CO₂ (balanço N₂) apresentaram maior luminosidade e tinham aparência esbranquiçada, enquanto os pedaços armazenados sob atmosfera ambiente e sob 2% O₂ (balanço N₂) escureceram.

Holcroft e Kader (1999), estudando o efeito do uso de baixas concentrações de O₂ e altas concentrações de CO₂ em morangos *in natura* cv. Selva, observaram que a cor externa dos frutos mantidos em atmosfera ambiente escureceu (L diminuiu) e perdeu intensidade vermelho (a diminuiu), em comparação com os frutos que não foram armazenados. Mudanças similares, porém menos pronunciadas, também foram observadas nos frutos armazenados em atmosfera com 2% O₂ (balanço N₂).

Nunes et al. (1995b apud HOLCROFT e KADER, 1999), observaram que morangos mantidos sob 5% O₂ + 15% CO₂ (balanço N₂) e sob 10% O₂ + 20% CO₂ (balanço N₂) a 4°C possuíam maior luminosidade (maior valor L), eram mais vermelhos (maior valor a) e tinham uma maior intensidade de coloração vermelha (maior croma) que os frutos mantidos sob atmosfera ambiente.

Brecht et al. (2003) armazenaram morangos cv. Chandler sob 5% O₂ + 15% CO₂ (balanço N₂) e sob 10% O₂ + 20% CO₂ (balanço N₂) por 2 semanas a 4°C e a 10°C para estudar os efeitos do uso de atmosfera controlada em temperaturas de armazenamento acima da ótima (0°C) para morangos e observaram que, quando os dois tratamentos sob AC foram comparados, os morangos armazenados em 5% O₂ + 15% CO₂ perderam menos massa, mantiveram melhor a firmeza e apresentaram coloração vermelha mais luminosa e mais intensa (maiores valores de L , ângulo hue e croma) que aqueles armazenados em 10% O₂ + 20% CO₂.

- Luminosidade na região do corte (L)

Não houve diferenças significativas do 3º para o 7º dia de armazenamento em nenhum dos tratamentos e nem entre as atmosferas de armazenamento em nenhum dos períodos avaliados (Figura 13).

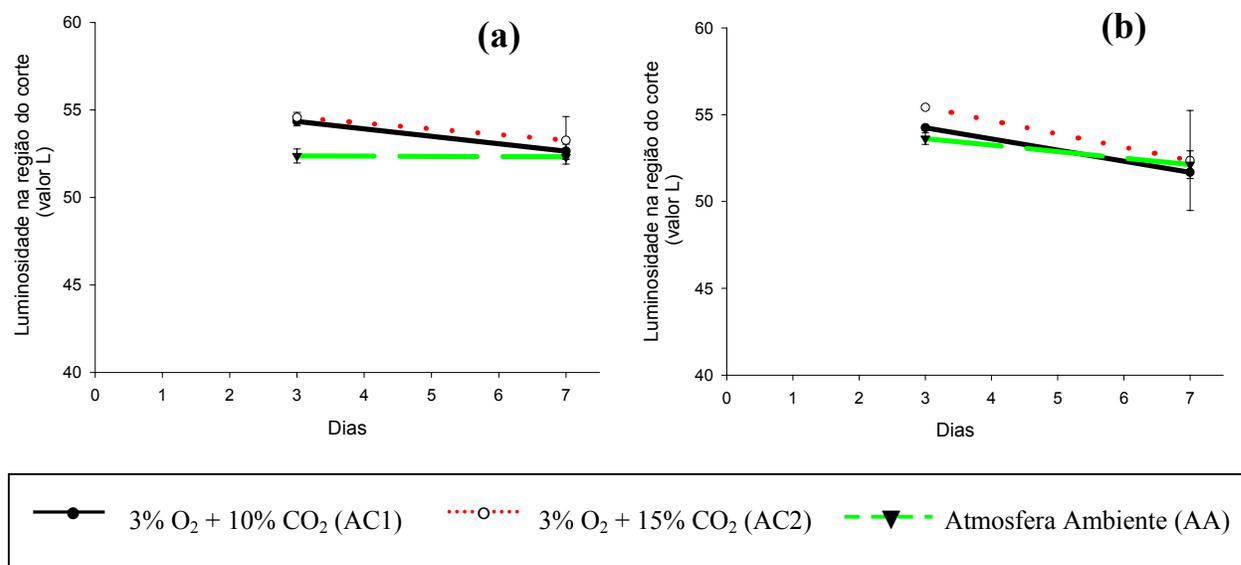


Figura 13. Variação da luminosidade na região do corte (valor L) em morangos processados minimamente e mantidos sob atmosfera controlada, a 5°C (a) e a 10°C (b) e 85% UR. As barras verticais representam o desvio padrão da média.

Segundo Nunes et al. (1995a), o valor L é usado como indicador de escurecimento durante o armazenamento, que pode ser causado tanto por reações oxidativas quanto pelo aumento da concentração de pigmentos. Como a região do corte é uma região mais passível de escurecimento devido estar em contato do oxigênio do ar, o esperado era que ocorresse um maior escurecimento nos frutos mantidos sob atmosfera ambiente, rica em O₂, o que não ocorreu, e que a região cortada escurecesse ao longo do armazenamento, o que também não ocorreu do 3º para o 7º dia. Porém, por falta dos resultados do dia zero, nada pode ser afirmado sobre os resultados encontrados para os demais dias.

4.2. Análise Sensorial

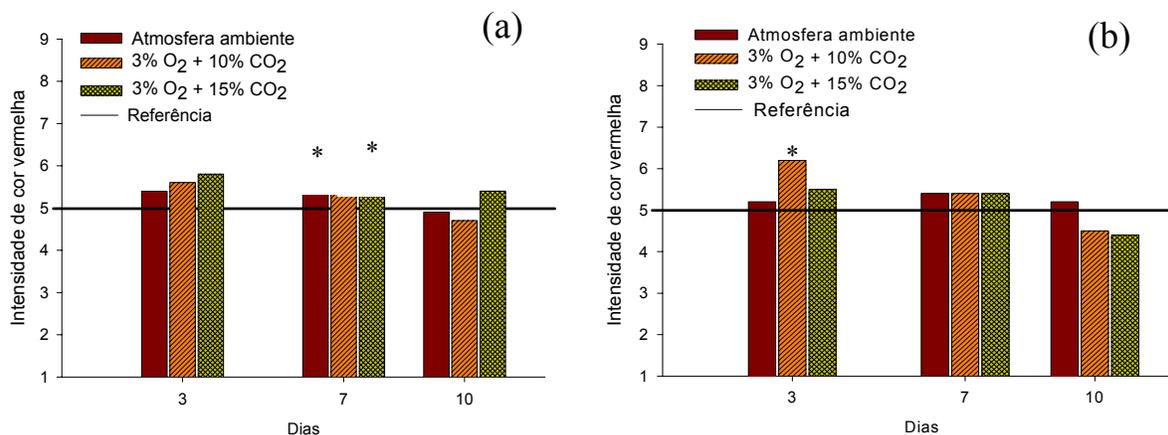
O resultado da análise de variância indicou que a maioria dos atributos sensoriais analisados foram afetados pelas variáveis estudadas. Os resultados que serão apresentados a seguir foram obtidos através de comparação das amostras com a amostra-referência (R) (morangos armazenados em atmosfera ambiente a 5°C) em cada período de armazenamento.

4.2.1. Atributos de Aparência

- Intensidade de cor vermelha

Houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras em relação ao atributo ‘intensidade de cor vermelha’ em função da temperatura e do tempo de armazenamento. Em média geral, os morangos PM armazenados a 5°C apresentaram intensidade de cor vermelha superior aos armazenados a 10°C (Figura 14b). Esses resultados diferiram de Ayala-Zavala et al. (2004), que não encontraram diferença significativa na cor da epiderme de morangos cv. Chandler mantidos a 0°C, 5°C e 10°C. Em relação ao tempo de armazenamento, observou-se redução na intensidade de cor vermelha nos morangos PM no 10º dia, em ambas as temperaturas.

As interações atmosfera vs. temperatura e atmosfera vs. tempo de armazenamento foram significativas, explicando as alterações no atributo ‘intensidade de cor vermelha’ decorrentes de diferentes atmosferas de armazenamento. Os provadores observaram diferença significativa em relação à referência (morangos mantidos em atmosfera ambiente a 5°C) no 7º dia de armazenamento a 5°C para os frutos mantidos sob 3% O₂ + 15% CO₂, os quais apresentaram maior intensidade de cor vermelha que R. A diferença observada entre os frutos mantidos em atmosfera ambiente a 5°C e a referência deve ser considerada com cautela, uma vez que trata-se da mesma amostra. Apesar de se tratarem do mesmo produto (referência e referência codificada), os provadores atribuíram notas distintas (Figura 14a).



* Existe diferença estatística significativa ($p < 0,05$) em relação à referência de cada dia de armazenamento, pelo teste de Dunnett.

Médias obtidas através do teste de comparação com a referência (R) (R= morangos processados minimamente mantidos em atmosfera ambiente e 5°C), obtidas utilizando escala variando de 1 a 9; sendo 1 (= extremamente menos intenso que a referência), 5 (= igual a referência) e 9 (= extremamente mais intenso que a referência).

Figura 14. Resultados do atributo ‘intensidade de cor vermelha’ em morangos processados minimamente e mantidos sob atmosfera controlada, a 5°C (a) e a 10°C (b) e 85% UR.

Tal resultado pode ser decorrente de dois fatores: performance da equipe de provadores e/ou amostra. Embora os morangos tenham sido selecionados quanto à cor e estágio de maturação no início do estudo, esse resultado pode ter ocorrido em virtude de se tratar de produto que sofre influência de vários fatores no seu processo de desenvolvimento, na fase de produção e pós-colheita, contribuindo para possível desuniformidade entre as amostras.

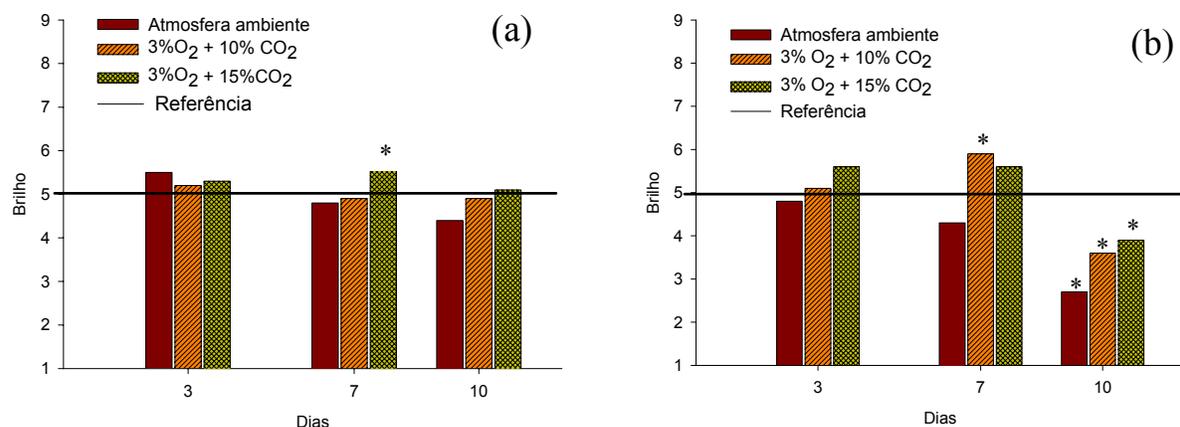
Considerando-se os morangos PM mantidos a 10°C, os resultados revelaram que a intensidade de cor vermelha diferiu significativamente da referência no 3º dia de armazenamento para os frutos mantidos sob 3% O₂ + 10% CO₂, cuja intensidade de cor vermelha foi superior à referência (R). Os demais tratamentos não diferiram significativamente de R (Figura 14b).

- Brilho

Houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras em relação ao atributo ‘brilho’ em função da temperatura, da atmosfera e do tempo de armazenamento.

As interações atmosfera vs. temperatura e temperatura vs. tempo de armazenamento também foram significativas. A temperatura de armazenamento foi considerada fator importante na manutenção do brilho. No 10º dia de armazenamento, os morangos PM mantidos a 5°C mantiveram o brilho enquanto os armazenados a 10°C apresentaram uma redução significativa deste atributo (Figura 15). Em relação às atmosferas de armazenamento, observou-se, em geral, que os morangos PM mantidos sob 3% O₂ + 15% CO₂ foram os que mantiveram melhor o brilho, seguidos dos mantidos sob 3% O₂ + 10% CO₂ (Figura 15), ou seja, atmosferas de armazenamento contendo baixa concentração de O₂ e altas concentrações de CO₂ contribuíram para a manutenção do brilho em morangos PM, possivelmente, pela ação de redução do metabolismo dos frutos e, conseqüentemente, redução da transpiração e perda de água, a qual é essencial para a manutenção do brilho dos mesmos.

Os provadores observaram diferença significativa em relação à referência no 7º dia de armazenamento a 5°C para os frutos mantidos sob 3% O₂ + 15% CO₂, os quais apresentaram maior brilho que R (Figura 15a).



* Existe diferença estatística significativa ($p < 0,05$) em relação à referência de cada dia de armazenamento, pelo teste de Dunnett.

Médias obtidas através do teste de comparação com a referência (R) (R= morangos processados minimamente mantidos em atmosfera ambiente e 5°C), obtidas utilizando escala variando de 1 a 9; sendo 1 (= extremamente menos intenso que a referência), 5 (= igual a referência) e 9 (= extremamente mais intenso que a referência).

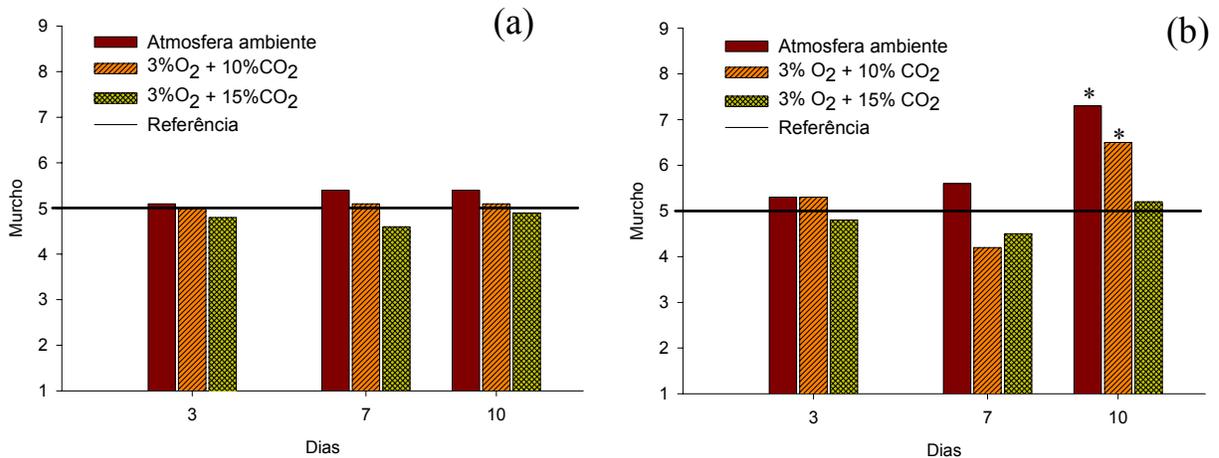
Figura 15. Resultados do atributo ‘brilho’ em morangos processados minimamente e mantidos sob atmosfera controlada, a 5°C (a) e a 10°C (b) e 85% UR.

Em relação aos frutos PM mantidos a 10°C, observa-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos e a referência no 3º dia de armazenamento. Contudo, no 7º dia de armazenamento os morangos PM mantidos sob 3% O₂ + 10% CO₂ apresentaram brilho significativamente superior à referência e no 10º dia os frutos mantidos nas atmosferas 3% O₂ + 10% CO₂, 3% O₂ + 15% CO₂ e atmosfera ambiente apresentaram perda significativa brilho em relação à referência (Figura 15b). De maneira geral, há uma indicação de que a 5°C o uso das atmosferas 3% O₂ + 10% CO₂ e 3% O₂ + 15% CO₂ não provocou mudanças expressivas em relação ao atributo brilho, porém, a 10°C, observa-se que a utilização dessas atmosferas contribuiu de forma benéfica para manter o brilho dos frutos PM até o 7º dia de armazenamento. Embora a 10°C tenha havido perda do brilho no 10º dia para as três atmosferas, o uso das atmosferas 3% O₂ + 10% CO₂ e 3% O₂ + 15% CO₂ contribuíram para que essa perda fosse menor em relação à atmosfera ambiente.

- Murcho

Houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras em relação ao atributo 'murcho' em função da temperatura, da atmosfera e do tempo de armazenamento. As interações atmosfera vs. temperatura, temperatura vs. tempo de armazenamento e atmosfera vs. tempo também foram significativas.

A 5°C observa-se que nenhum dos tratamentos diferiu significativamente de R quanto ao aspecto murcho, em nenhum dos períodos avaliados (figura 16a). Porém, a 10°C, os provadores encontraram diferença significativa no 10º dia para os morangos PM mantidos em atmosfera ambiente e sob 3% O₂ + 10% CO₂, os quais estavam significativamente mais murchos que a referência (Figura 16b).



* Existe diferença estatística significativa ($p < 0,05$) em relação à referência de cada dia de armazenamento, através pelo de Dunnett.

Médias obtidas através do teste de comparação com a referência (R) (R= morangos processados minimamente mantidos em atmosfera ambiente e 5°C), obtidas utilizando escala variando de 1 a 9; sendo 1 (= extremamente menos intenso que a referência), 5 (= igual a referência) e 9 (= extremamente mais intenso que a referência).

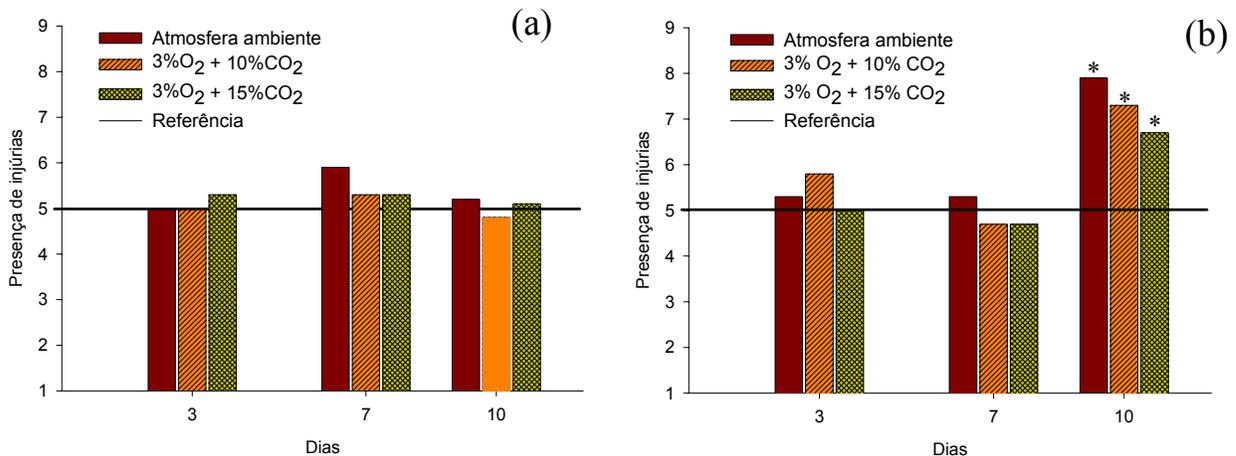
Figura 16. Resultados do atributo ‘murcho’ em morangos processados minimamente e mantidos sob atmosfera controlada, a 5°C (a) e a 10°C (b) e 85% UR.

Assim como para o atributo ‘brilho’, de maneira geral observa-se que há uma indicação de que a 5°C o uso das atmosferas 3% O₂ + 10% CO₂ e 3% O₂ + 15% CO₂ não provocou mudanças expressivas em relação ao atributo ‘murcho’. Entretanto, a 10°C, observa-se que a utilização dessas atmosferas contribuiu de forma benéfica para diminuir o murchamento dos frutos PM, o que pode ser observado no 7º e no 10º dia de armazenamento (Figura 16). Portanto, a temperatura de armazenamento foi considerada fator importante para este atributo, sendo que a temperatura mais alta contribuiu para um maior murchamento dos frutos ao longo do armazenamento. Em relação às atmosferas, o resultado encontrado pode ser explicado devido o uso atmosferas contendo baixa concentração de O₂ e alta concentração de CO₂ no armazenamento contribuírem para um menor murchamento dos frutos PM, pois há diminuição da taxa respiratória dos mesmos e, como consequência, redução da transpiração e da perda de água. Embora no 10º dia de armazenamento a 10°C os frutos mantidos sob 3% O₂ + 10% CO₂ estivessem significativamente mais murchos que a referência, houve uma contribuição desta atmosfera para que essa perda fosse menor em relação aos frutos armazenados em atmosfera ambiente na mesma temperatura.

- Presença de injúrias

Houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras em relação ao atributo 'presença de injúrias' em função da temperatura, da atmosfera e do tempo de armazenamento.

A interação temperatura vs. tempo de armazenamento também foi significativa, explicando as alterações no atributo 'presença de injúrias' decorrentes do uso de diferentes temperaturas. No 10º dia de armazenamento, os morangos PM mantidos a 10°C apresentaram mais injúrias que os mantidos a 5°C, sendo essa diferença significativa para as três atmosferas de armazenamento estudadas (Figura 17). Tal resultado indica que o fator temperatura de armazenamento é importante para este atributo, sendo que o uso de temperatura mais baixa contribuiu para diminuir o surgimento e/ou aumento da presença de injúrias. Em relação às atmosferas de armazenamento, observou-se que a 5°C o uso das atmosferas contendo 3% O₂ + 10% CO₂ e 3% O₂ + 15% CO₂ não teve efeito significativo em relação a este atributo (Figura 17a). Entretanto, a 10°C, a utilização dessas atmosferas contribuiu mantendo o nível de presença de injúrias dos frutos PM próximo à referência até o 7º dia de armazenamento. Embora no 10º dia de armazenamento, a 10°C, tenha havido aumento significativo na presença de injúrias nos frutos armazenados nas três atmosferas, observou-se que aqueles armazenados em atmosfera ambiente apresentaram mais injúrias que os armazenados sob 3% O₂ + 10% CO₂ e estes, mais injúrias que os mantidos sob 3% O₂ + 15% CO₂ (Figura 17b).



* implica em diferença estatística significativa ($p < 0,05$) em relação à referência de cada dia de armazenamento, pelo teste de Dunnett.

Médias obtidas através do teste de comparação com a referência (R) (R= morangos processados minimamente mantidos em atmosfera ambiente e 5°C), obtidas utilizando escala variando de 1 a 9; sendo 1 (= extremamente menos intenso que a referência), 5 (= igual a referência) e 9 (= extremamente mais intenso que a referência).

Figura 17. Resultados do atributo ‘presença de injúrias’ em morangos processados minimamente e mantidos sob atmosfera controlada, a 5°C (a) e a 10°C (b) e 85% UR.

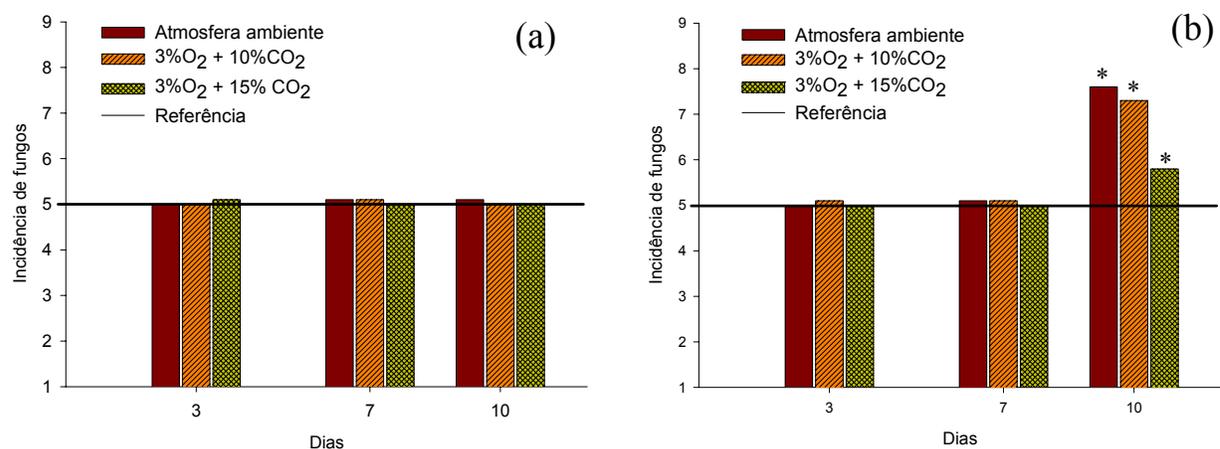
Os resultados encontrados para este atributo estão de acordo com Flores-Cantillano (2003). Segundo o autor a deterioração e podridões aumentam com o período de conservação, entretanto, a atmosfera com alta concentração de CO₂ pode reduzir esses problemas em morangos.

- Incidência de fungos

Houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras em relação ao atributo ‘incidência de fungos’ em função da temperatura, da atmosfera e do tempo de armazenamento. As interações atmosfera vs. temperatura, temperatura vs. tempo de armazenamento e atmosfera vs. tempo também foram significativas.

A vida útil dos morangos PM mantidos à 10°C, baseada no surgimento de fungos filamentosos e leveduras visualizados a olho nu, foi de 7 dias, independente da atmosfera de armazenamento utilizada. À 5°C essa vida útil foi de 10 dias.

Em relação à temperatura 5°C, observou-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos e a referência para este atributo em nenhum dos períodos analisados (Figura 18a). Entretanto, a 10°C, os frutos PM armazenados nas três atmosferas apresentaram incidência de fungos significativamente superior à referência no 10º dia de armazenamento (Figura 19b). Ayala-Zavala et al. (2004) também observaram que a deterioração por fungos aumentou rapidamente em morangos cv. Chandler *in natura* armazenados a 10°C, especialmente após 7 dias de armazenamento, enquanto os frutos armazenados a 5°C apresentaram pequena deterioração fúngica ao longo de 13 dias de armazenamento.



* Existe diferença estatística significativa ($p < 0,05$) em relação à referência de cada dia de armazenamento, pelo teste de Dunnett.

Médias obtidas através do teste de comparação com a referência (R) (R= morangos processados minimamente mantidos em atmosfera ambiente e 5°C), obtidas utilizando escala variando de 1 a 9; sendo 1 (= extremamente menos intenso que a referência), 5 (= igual a referência) e 9 (= extremamente mais intenso que a referência).

Figura 18. Resultados do atributo ‘incidência de fungos’ em morangos processados minimamente e mantidos sob atmosfera controlada, a 5°C (a) e a 10°C (b) e 85% UR.

Assim como para os atributos ‘murcho’ e ‘presença de injúrias’, observa-se que a 5°C o uso das atmosferas contendo 3% O₂ + 10% CO₂ e 3% O₂ + 15% CO₂ não provocou mudanças expressivas em relação ao atributo ‘incidência de fungos’ em nenhum dos períodos avaliados.

A 10°C, observa-se que não houve efeito expressivo do uso dessas atmosferas até o 7º dia de armazenamento. No 10º dia, todos os tratamentos apresentaram incidência de fungos

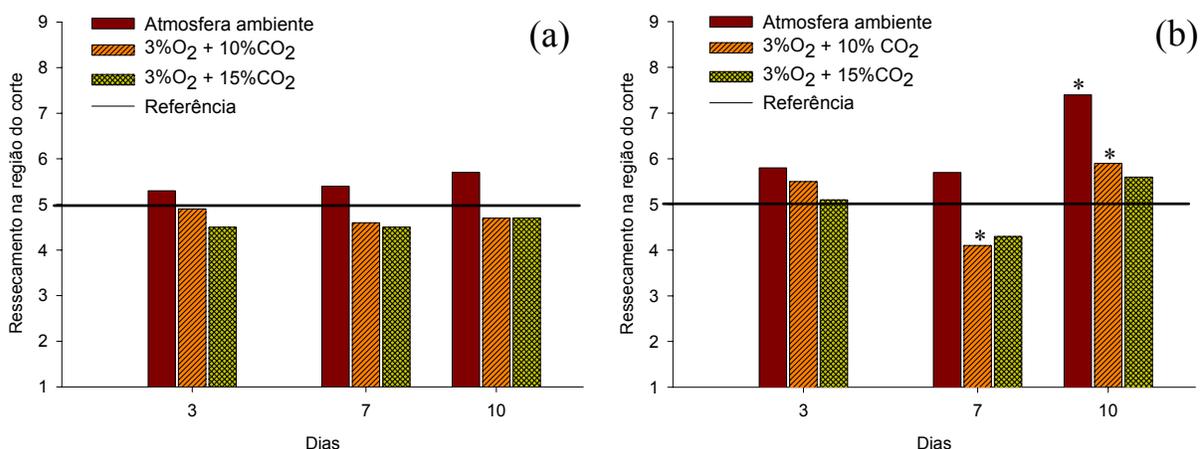
significativamente superior à referência. Contudo, observou-se que os morangos PM mantidos sob atmosfera ambiente e sob 3% O₂ + 10% CO₂ apresentaram maior incidência de fungos que os frutos PM mantidos sob 3% O₂ + 15% CO₂. Esses resultados estão de acordo com os encontrados por Brackmann et al. (2001), que avaliaram o efeito da utilização de elevadas concentrações de CO₂ no prolongamento da vida pós-colheita de morangos cv. Oso Grande e observaram que quanto maior a pressão parcial de CO₂, maior foi o controle das podridões. As propriedades antimicrobianas do CO₂ se devem principalmente à redução do pH e à sua interferência no metabolismo celular (SOLIVA-FORTUNY, 2003). Holcroft e Kader (1999) em experimento com morangos cv. Selva observaram que os frutos armazenados em atmosfera ambiente e, em uma menor extensão, os armazenados em atmosfera com baixa concentração de O₂, apresentaram alguns sintomas de contaminação por *Botrytis cinerea* após 5 dias de armazenamento. Já as atmosferas enriquecidas com CO₂ foram eficazes em controlar esse tipo de deterioração.

- Ressecamento na região do corte

Houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras em relação ao atributo 'ressecamento na região do corte' em função da temperatura, da atmosfera e do tempo de armazenamento. As interações temperatura vs. tempo de armazenamento e atmosfera vs. tempo de armazenamento também foram significativas para este atributo.

A 5°C, nenhum dos tratamentos, em nenhum dos períodos avaliados, diferiu significativamente da referência. Porém, observou-se que os frutos PM mantidos sob 3% O₂ + 10% CO₂ e 3% O₂ + 15% CO₂ apresentaram, em todos os períodos de armazenamento, menor ressecamento na região do corte que a referência (Figura 19a).

A 10°C, foram observadas diferenças significativas no 7º dia de armazenamento para os morangos PM mantidos sob 3% O₂ + 10% CO₂, os quais apresentaram ressecamento na região do corte significativamente inferior à mesma (Figura 20b), e no 10º dia de armazenamento, no qual os frutos MP mantidos sob 3% O₂ + 10% CO₂ e em atmosfera ambiente apresentaram ressecamento na região do corte significativamente superior à referência (Figura 19b).



* Existe diferença estatística significativa ($p < 0,05$) em relação à referência de cada dia de armazenamento, pelo teste de Dunnett.

Médias obtidas através do teste de comparação com a referência (R) (R= morangos processados minimamente mantidos em atmosfera ambiente e 5°C), obtidas utilizando escala variando de 1 a 9; sendo 1 (= extremamente menos intenso que a referência), 5 (= igual a referência) e 9 (= extremamente mais intenso que a referência).

Figura 19. Resultados do atributo ‘ressecamento na região do corte’ em morangos processados minimamente e mantidos sob atmosfera controlada, a 5°C (a) e a 10°C (b) e 85% UR.

Em relação à temperatura de armazenamento, observou-se que, em geral, houve um aumento do ressecamento na região do corte nos frutos MP quando a temperatura aumentou de 5°C para 10°C, com exceção dos frutos mantidos sob 3% O₂ + 10% CO₂ e 3% O₂ + 15% CO₂ no 7º dia de armazenamento nesta última temperatura, que apresentaram ressecamento menor que os demais tratamentos (Figura 19).

Em geral, houve um maior ressecamento na região do corte nos morangos PM mantidos em atmosfera ambiente do que nos mantidos nas demais atmosferas de armazenamento (Figura 19). Esse resultado pode ser devido ao maior metabolismo dos frutos processados minimamente mantidos nesta condição. Há uma indicação de que não houve diferença entre os morangos PM mantidos sob 3% O₂ + 10% CO₂ e sob 3% O₂ + 15% CO₂ em cada período de armazenamento, para ambas as temperaturas (Figura 19). Essa tendência a um maior ressecamento na região do corte observada nos morangos PM mantidos em atmosfera ambiente pode ser consequência da elevada perda de massa, provavelmente na forma de perda de água, observada nesses frutos ao longo do período de armazenamento, o que pode ser comprovado pelos resultados da análise física perda de massa.

Em relação à maioria dos atributos de aparência avaliados, conclui-se que a utilização das atmosferas 3% O₂ + 10% CO₂ e 3% O₂ + 15% CO₂ foi indiferente para a manutenção da aparência dos morangos PM quando a temperatura utilizada foi 5°C. Entretanto, essas atmosferas foram essenciais para aumentar a vida útil desse produto baseada na aparência quando a temperatura de armazenamento utilizada foi 10°C.

4.2.2. Atributos de Textura e Sabor

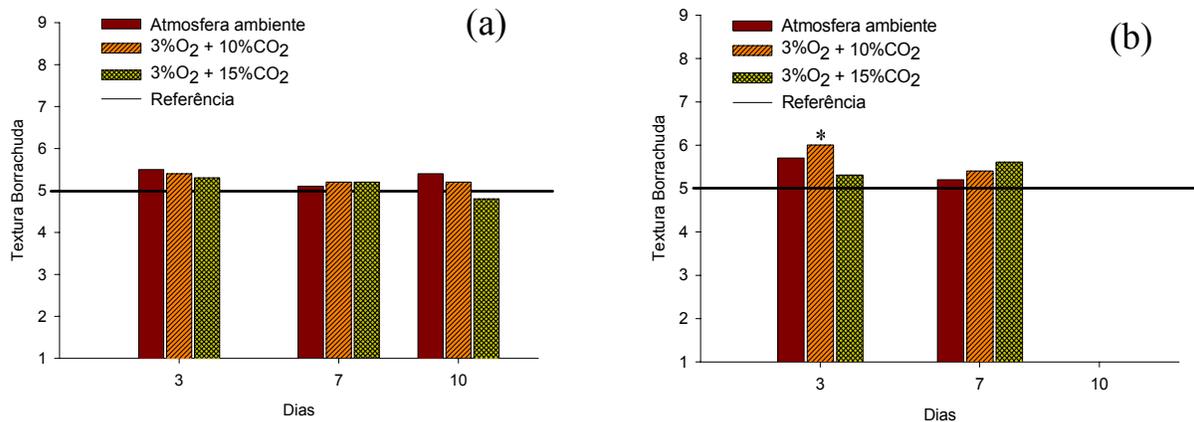
No 10º dia de armazenamento, os tratamentos mantidos na câmara com temperatura de 10°C encontravam-se bastante deteriorados, não sendo possível desta forma que os provadores realizassem os testes de textura e sabor.

No 10º dia de armazenamento a 10°C os morangos PM mantidos sob 3% O₂ + 10% CO₂ e sob atmosfera ambiente apresentaram grande incidência de fungos, o que foi observado ainda dentro das microcâmaras. Os frutos mantidos sob 3% O₂ + 15% CO₂ só apresentaram esta contaminação aproximadamente 3 horas após retirados do armazenamento. Dessa forma não foi possível que os provadores fizessem a análise sensorial dos atributos de textura e sabor das amostras no 10º dia.

- Textura Borrachuda

Não houve diferença significativa entre as amostras para o atributo ‘textura borrachuda’ em função de nenhum dos fatores avaliados.

A 5°C nenhum dos tratamentos, em nenhum dos períodos analisados, diferiu significativamente da referência (Figura 20a). A 10°C observou-se que no 3º dia de armazenamento os morangos PM mantidos sob 3% O₂ + 10% CO₂ apresentaram ‘textura borrachuda’ superior à referência, sendo essa diferença significativa (figura 20b).



* Existe diferença estatística significativa ($p < 0,05$) em relação à referência de cada dia de armazenamento, pelo teste de Dunnett.

Médias obtidas através do teste de comparação com a referência (R) (R= morangos processados minimamente mantidos em atmosfera ambiente e 5°C), obtidas utilizando escala variando de 1 a 9; sendo 1 (= extremamente menos intenso que a referência), 5 (= igual a referência) e 9 (= extremamente mais intenso que a referência).

Figura 20. Resultados do atributo ‘textura borrachuda’ em morangos processados minimamente e mantidos sob atmosfera controlada, a 5°C (a) e a 10°C (b) e 85% UR.

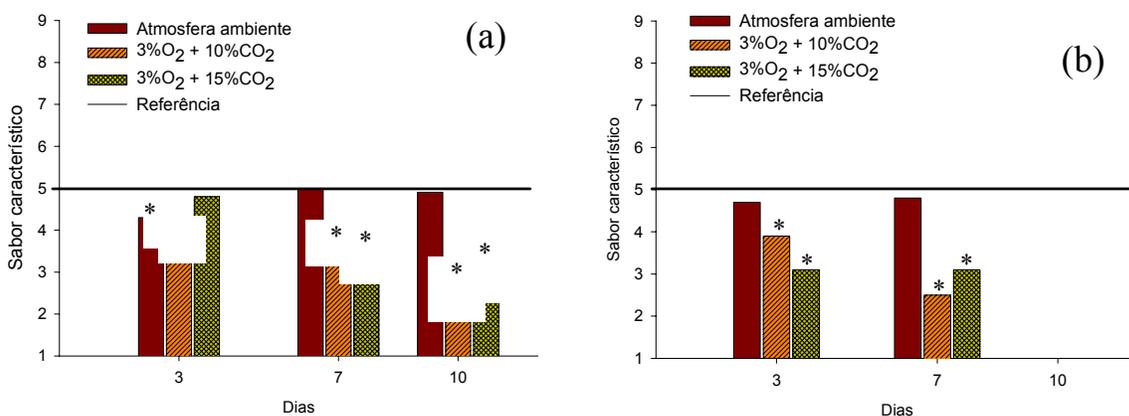
Tal resultado pode ser decorrente de dois fatores: performance da equipe de provadores e/ou amostra. Embora os morangos tenham sido selecionados quanto à cor e ao estágio de maturação no início do estudo, esse resultado pode ter ocorrido em virtude de se tratar de produto que sofre influência de vários fatores no seu processo de desenvolvimento, na fase de produção e pós-colheita, contribuindo para possível desuniformidade entre as amostras.

Essa ‘textura borrachuda’ observada nos frutos provavelmente está relacionada com a perda de água. A perda de água faz com que os mesmos fiquem ressecados e murchos, apresentando uma textura elástica ao serem mastigados, por isso o termo ‘borrachudo’.

- Sabor característico

Houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras em relação ao atributo ‘sabor característico’ em função da temperatura, da atmosfera e do tempo de armazenamento.

As interações atmosfera vs. temperatura e atmosfera vs. tempo de armazenamento também foram significativas, explicando as alterações neste atributo decorrentes de diferentes atmosferas de armazenamento. Em geral, os morangos PM mantidos nas atmosferas contendo 3% O₂ + 10% CO₂ e 3% O₂ + 15% CO₂ apresentaram sabor característico inferior aos armazenados em atmosfera ambiente (Figura 21).



* Existe diferença estatística significativa ($p < 0,05$) em relação à referência de cada dia de armazenamento, pelo teste de Dunnett.

Médias obtidas através do teste de comparação com a referência (R) (R= morangos processados minimamente mantidos em atmosfera ambiente e 5°C), obtidas utilizando escala variando de 1 a 9; sendo 1 (= extremamente menos intenso que a referência), 5 (= igual a referência) e 9 (= extremamente mais intenso que a referência).

Figura 21. Resultados do atributo ‘sabor característico’ em morangos processados minimamente e mantidos sob atmosfera controlada, a 5°C (a) e a 10°C (b) e 85% UR.

Em relação à temperatura de armazenamento, houve uma tendência para que os morangos PM mantidos sob 3% O₂ + 10% CO₂ e 3% O₂ + 15% CO₂ apresentassem sabor característico superior à 5°C em relação aos mantidos à 10°C, ao longo do armazenamento (Figura 21).

A 5°C, o sabor característico dos morangos PM mantidos sob 3% O₂ + 10% CO₂ e 3% O₂ + 15% CO₂ diferiu significativamente da referência em todos os períodos de tempo avaliados, apresentando sempre um sabor característico inferior. Exceção foi encontrada no 3º

dia de armazenamento para os frutos PM mantidos sob 3% O₂ + 15% CO₂, que não diferiram significativamente da referência. Não foram observadas diferenças significativas em relação à referência para os frutos PM mantidos em atmosfera ambiente em nenhum dos períodos avaliados (Figura 21a). A 10°C, os morangos PM mantidos nas atmosferas 3% O₂ + 10% CO₂ e 3% O₂ + 15% CO₂ também apresentaram sabor característico significativamente inferior à referência, tanto no 3º quanto no 7º dia de armazenamento. Os frutos PM mantidos em atmosfera ambiente também não diferiram significativamente da referência em nenhum dos períodos avaliados (Figura 21b).

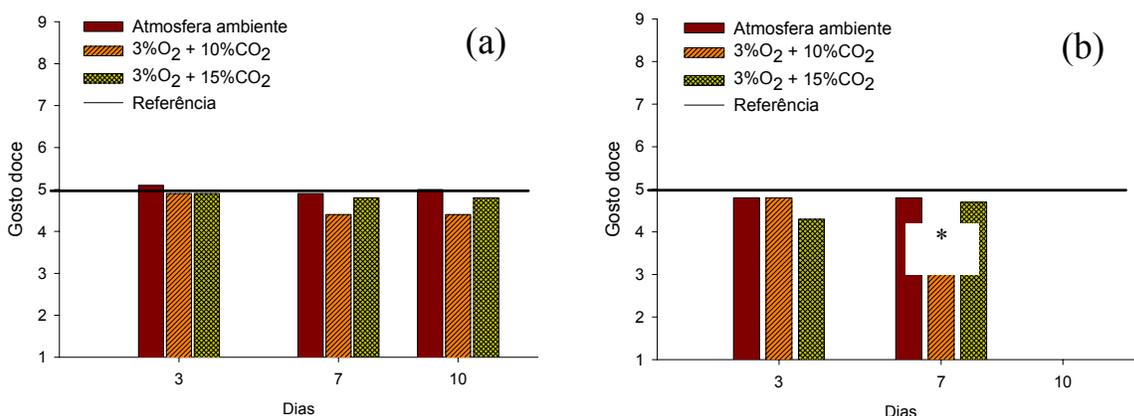
Alguns provadores detectaram sabor estranho nas amostras dos tratamentos mantidos sob 3% O₂ + 10% CO₂ e sob 3% O₂ + 15% CO₂. Segundo esses provadores, as amostras tinham um “gosto metálico”, que variou de leve a intenso dependendo da amostra, ou ainda “gosto de resíduo de agrotóxico”, que eles caracterizaram como “off-flavour” químico. Alguns provadores ainda disseram que sentiram em algumas dessas amostras um gosto residual de produto fermentado. Esses resultados estão de acordo com Ke et al. (1991), que observaram que o desenvolvimento de sabor estranho pode ocorrer sob condições de atmosfera controlada/modificada, tanto com baixas concentrações de O₂ quanto com altas concentrações de CO₂. Segundo os autores, a causa primária do aparecimento de sabor estranho pode estar relacionada ao acúmulo de compostos voláteis, como o acetaldeído, acetato de etila e etanol, formados pela respiração anaeróbica. Estes autores encontraram fortes correlações entre o desenvolvimento de sabor estranho e o conteúdo de etanol, e, numa menor extensão, aos conteúdos de acetato de etila e acetaldeído.

Larsen e Watkins (1995), em experimentos com morangos cv. Pajaro *in natura*, também observaram desenvolvimento de sabor estranho em morangos armazenados a 0°C sob diferentes atmosferas. Segundo esses autores, as respostas às baixas concentrações de O₂ foram pequenas quando comparadas às mudanças na concentração de voláteis provocadas pelas altas concentrações de CO₂. Já Brackmann et al. (2001) não detectaram alterações no sabor e no aroma em função das elevadas concentrações de CO₂ utilizadas em seu experimento para conservação pós-colheita de morangos cv. Oso Grande.

- Gosto Doce

Não houve diferença significativa entre as amostras para o atributo ‘gosto doce’ em função de nenhum dos fatores avaliados.

A 5°C nenhum dos tratamentos, em nenhum dos períodos analisados, diferiu significativamente da referência (Figura 22a).



* Existe diferença estatística significativa ($p < 0,05$) em relação à referência de cada dia de armazenamento, pelo teste de Dunnett.

Médias obtidas através do teste de comparação com a referência (R) (R= morangos processados minimamente mantidos em atmosfera ambiente e 5°C), obtidas utilizando escala variando de 1 a 9; sendo 1 (= extremamente menos intenso que a referência), 5 (= igual a referência) e 9 (= extremamente mais intenso que a referência).

Figura 22. Resultados do atributo ‘gosto doce’ em morangos processados minimamente e mantidos sob atmosfera controlada, a 5°C (a) e a 10°C (b) e 85% UR.

Apesar de, numa média geral, não ter havido diferença significativa em relação aos fatores estudados, observou-se que no 7º dia de armazenamento a 10°C os morangos mantidos sob 3% O₂ + 10% CO₂ apresentaram gosto doce significativamente inferior à referência (Figura 23b). Tal resultado pode ser decorrente dos fatores performance da equipe de provadores e/ou amostra. Nesse caso, possivelmente os frutos PM que compuseram esta amostra estavam menos doces que as demais.

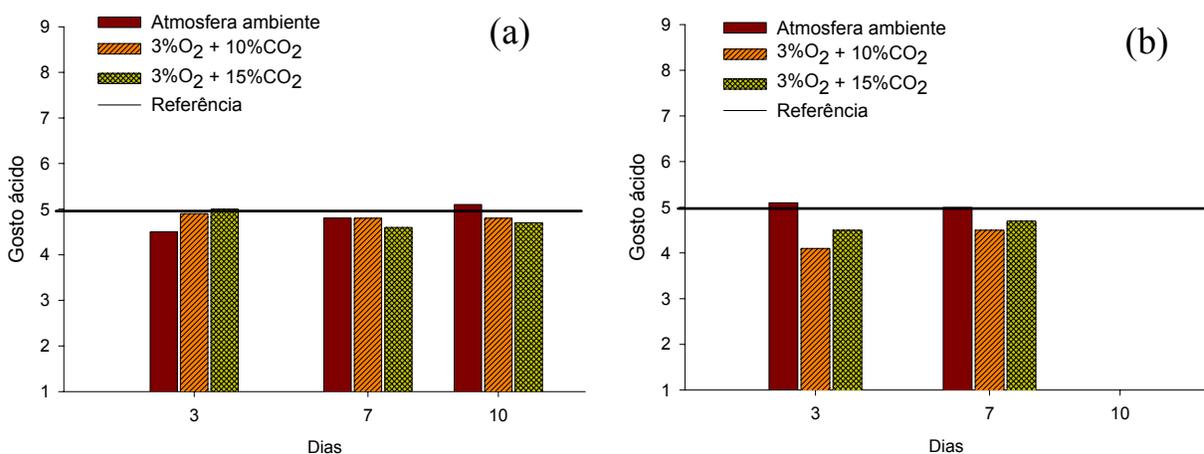
O resultado da análise sensorial para este atributo está de acordo com o obtido para a variável sólidos solúveis, na qual também não houve diferença significativa entre os tratamentos. Pelayo et al. (2003) também não encontraram diferenças significativas de doçura

entre os morangos das cultivares Aromas, Diamante e Selva armazenados sob atmosfera ambiente e sob atmosferas enriquecidas com CO₂.

- Gosto Ácido

Não houve diferença significativa entre as amostras para o atributo ‘gosto ácido’ em função de nenhum dos fatores avaliados.

Tanto a 5°C quanto à 10°C nenhum dos tratamentos, em nenhum dos períodos analisados, diferiu significativamente da referência (Figura 23).



* Existe diferença estatística significativa ($p < 0,05$) em relação à referência de cada dia de armazenamento, pelo teste de Dunnett.

Médias obtidas através do teste de comparação com a referência (R) (R= morangos processados minimamente mantidos em atmosfera ambiente e 5°C), obtidas utilizando escala variando de 1 a 9; sendo 1 (= extremamente menos intenso que a referência), 5 (= igual a referência) e 9 (= extremamente mais intenso que a referência).

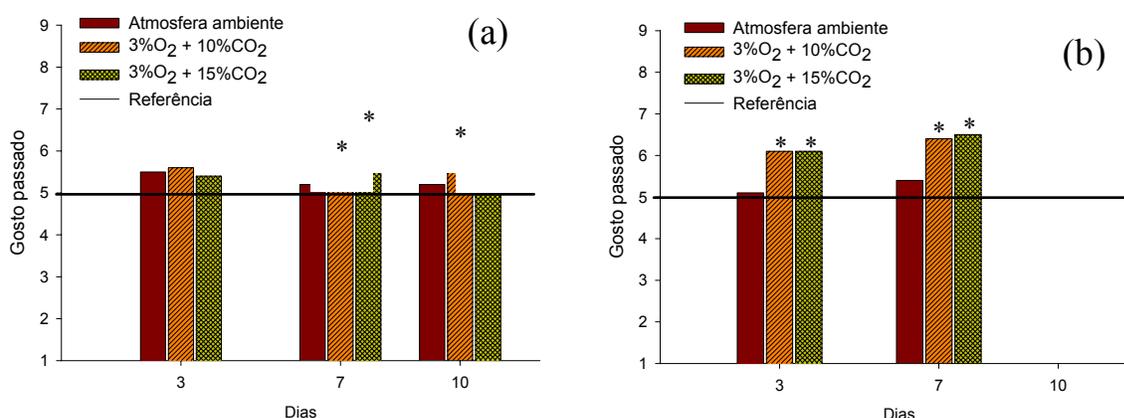
Figura 23. Resultados do atributo ‘gosto ácido’ em morangos processados minimamente e mantidos sob atmosfera controlada, a 5°C (a) e a 10°C (b) e 85% UR.

Apesar de ter havido redução significativa da acidez titulável ao longo do armazenamento (Figura 6), os provadores não conseguiram detectar essa diferença na análise sensorial. Uma explicação para esse fato pode ser que as diferenças quantitativas de acidez encontradas nos morangos não foram grandes o suficiente para serem detectadas sensorialmente, especialmente em presença de outros compostos que também caracterizam o

sabor. Outro fator que deve ser considerado é que as amostras avaliadas em cada período eram sempre comparadas com a referência (morangos processados minimamente mantidos sob atmosfera ambiente e 5°C), que também apresentou variações ao longo do período de armazenamento, fazendo com que, quando comparada com as amostras, estas não apresentassem diferenças significativas em relação à mesma.

- Gosto Passado

Houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras em relação ao atributo ‘gosto passado’ em função da temperatura e da atmosfera de armazenamento. O tempo de armazenamento não afetou significativamente este atributo.



* Existe diferença estatística significativa ($p < 0,05$) em relação à referência de cada dia de armazenamento, pelo teste de Dunnett.

Médias obtidas através do teste de comparação com a referência (R) (R= morangos processados minimamente mantidos em atmosfera ambiente e 5°C), obtidas utilizando escala variando de 1 a 9; sendo 1 (= extremamente menos intenso que a referência), 5 (= igual a referência) e 9 (= extremamente mais intenso que a referência).

Figura 24. Resultados do atributo ‘gosto passado’ em morangos processados minimamente e mantidos sob atmosfera controlada, a 5°C (a) e a 10°C (b) e 85% UR.

A 5°C não houve diferenças significativas no 3º dia de armazenamento entre as amostras e a referência em relação ao gosto passado (Figura 24). No 7º e no 10º dia de armazenamento nesta mesma temperatura os morangos PM mantidos sob 3% O₂ + 10% CO₂ e

sob 3% O₂ + 15% CO₂ apresentaram gosto passado significativamente superior à mesma (Figura 24a).

A 10°C, tanto no 3º quanto no 7º dia de armazenamento, observou-se que os morangos PM mantidos sob 3% O₂ + 10% CO₂ e sob 3% O₂ + 15% CO₂ apresentaram gosto passado significativamente superior à referência. Não houve diferenças significativas em relação aos frutos mantidos sob atmosfera ambiente e a referência em nenhum dos períodos avaliados para esta temperatura (Figura 24b).

Observou-se que temperatura de armazenamento mais baixa (5°C) contribuiu para retardar o surgimento do gosto passado nos frutos PM mantidos nas atmosferas 3% O₂ + 10% CO₂ e 3% O₂ + 15% CO₂, o qual surgiu somente após o 3º dia de armazenamento nesta temperatura (Figura 24).

Em relação às atmosferas de armazenamento, observou-se que os morangos PM mantidos sob 3% O₂ + 10% CO₂ e sob 3% O₂ + 15% CO₂ apresentaram gosto passado superior aos mantidos em atmosfera ambiente, em ambas temperaturas de armazenamento (Figura 25). Em geral, há uma indicação de que não houve diferenças entre os morangos PM mantidos sob 3% O₂ + 10% CO₂ e sob 3% O₂ + 15% CO₂ para a maioria dos tratamentos (Figura 24).

Segundo Honório e Moretti (2002) concentrações de O₂ inferiores a 2-3% promovem aumento da taxa respiratória de frutas e hortaliças, como consequência da habilidade dos tecidos vegetais de mudarem o mecanismo respiratório, de aeróbio para anaeróbio, passando a capturar O₂ de substâncias oxigenadas presentes nos próprios tecidos vegetais, ao invés do O₂ do ar. A consequência imediata da respiração anaeróbia é o processo conhecido como fermentação, que provoca modificações no sabor e no aroma de frutas e hortaliças.

Assim como no presente estudo, Larsen e Watkins (1995) também detectaram sabor estranho em morangos cv. Pajaro mantidos a 0°C após 3, 7 e 10 dias de armazenamento sob atmosfera controlada. Os frutos maduros (mais de 50% da superfície vermelha) armazenados sob atmosfera contendo 20% de CO₂ foram os que apresentaram sabor estranho mais forte. Os frutos considerados não-maduros (25-50% da superfície vermelha) armazenados nesta atmosfera também apresentaram sabor estranho. Alguns sabores estranhos também foram encontrados nos frutos maduros armazenados sob atmosfera ambiente e no tratamento com 10% de CO₂. Pelayo et al. (2003) apontaram que o aumento na concentração de metabólitos

fermentativos em morangos é dependente da cultivar. Experimentos conduzidos por estes autores mostraram que morangos das cultivares Aromas e Selva mantidos sob atmosfera ambiente + 20% CO₂ apresentaram aumento na concentração desses metabólitos enquanto os frutos da cultivar Diamante mantiveram os níveis desses compostos estáveis durante o período de armazenamento.

No 7º dia de armazenamento a 10°C alguns provadores fizeram o comentário na ficha de avaliação de que detectaram gosto estranho nos morangos PM mantidos sob atmosfera ambiente. Porém, tal resultado não foi considerado significativo no teste de comparação múltipla. Esse gosto estranho observado pelos provadores nos frutos armazenados em atmosfera ambiente pode ser resultado de um colapso fisiológico causado por um possível sobre-amadurecimento dos frutos, devido ao maior metabolismo dos mesmos nesta temperatura. A presença de gosto passado observado em algumas amostras pode ser em função de uma possível produção de acetaldeído, etanol ou acetato de etila pelos frutos. Ke et al. (1991) encontraram em estudos com morango alta correlação entre a presença de gosto estranho e a presença de acetaldeído, acetato de etila e etanol.

4.3. Análises Microbiológicas

Os resultados obtidos nas Tabelas 2 e 3 foram comparados com os Padrões Microbiológicos Sanitários estabelecidos para frutas frescas, *in natura*, preparadas (descascadas ou selecionadas ou fracionadas), sanificadas, refrigeradas ou congeladas, para consumo direto, de acordo com a RDC N° 12, de 2 de janeiro de 2001, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BRASIL, 2004), que estabelece o limite de $5 \times 10^2 \text{ g}^{-1}$ Coliformes termotolerantes e ausência de *Salmonella* sp (25g)⁻¹. Verificou-se que todas as amostras analisadas encontravam-se dentro dos limites aceitáveis. Suspeita-se que a contaminação de $4,0 \times 10^1 \text{ UFC g}^{-1}$ de coliformes totais encontrada no produto no dia zero possa ter ocorrido após o processamento mínimo, tendo sido causado por manipulação incorreta das amostras, já que não foram detectadas unidades formadoras de colônias no último dia do armazenamento em nenhuma das amostras.

Observou-se aumento de 1 ciclo logarítmico em relação ao dia zero na população de microrganismos psicrotróficos no 7° dia de armazenamento nos frutos PM mantidos sob atmosfera ambiente à 5°C (Tabela 2) e a partir do 3° dia para os frutos processados minimamente mantidos sob atmosfera ambiente à 10°C (Tabela 3). No 10° dia de armazenamento, os morangos PM mantidos sob atmosfera ambiente (AA) e sob 3% O₂ + 10% CO₂ (AC1) à 10°C encontravam-se visualmente condenados por contaminação fúngica. Dessa forma, optou-se por não realizar as análises microbiológicas destes tratamentos neste dia. Observou-se também que os morangos PM armazenados nas atmosferas 3% O₂ + 10% CO₂ e 3% O₂ + 15% CO₂ não tiveram sua população inicial de microrganismos aumentada expressivamente ao longo do armazenamento, exceto no 10° dia de armazenamento a 10°C para os frutos PM armazenados sob 3% O₂ + 15% CO₂ (Tabela 3).

Em relação à contagem total de fungos filamentosos e leveduras, observou-se aumento de 1 ciclo logarítmico em relação ao dia zero no 7° dia de armazenamento a 5°C nos morangos PM mantidos sob atmosfera ambiente (Tabela 2) e a partir do 3° dia nos frutos processados minimamente mantidos sob atmosfera ambiente à 10°C, havendo ainda aumento de mais 1 ciclo logarítmico no 7° dia nessa mesma temperatura (Tabela 3). Os morangos PM mantidos nas atmosferas 3% O₂ + 10% CO₂ e 3% O₂ + 15% CO₂ apresentaram aumento de 1 ciclo logarítmico em relação à população inicial de microrganismos no 10° dia de armazenamento à

5°C e a partir do 3º dia de armazenamento à 10°C. No 10º dia de armazenamento à 10°C os frutos PM mantidos sob 3% O₂ + 15% CO₂ apresentaram aumento de 2 ciclos logarítmicos em relação ao início do armazenamento (Tabela 3).

De acordo com os resultados encontrados conclui-se que a redução da temperatura de 10°C para 5°C e a utilização de atmosferas com baixas concentrações de O₂ e altas concentrações de CO₂ diminuiu o crescimento de bactérias psicrotróficas e de fungos filamentosos e leveduras, aumentando o tempo de vida útil dos morangos processados minimamente.

Esses resultados estão de acordo com Flores-Cantillano (2003), que afirma que, embora a deterioração e podridões em morangos aumentem com o período de conservação, o uso de atmosfera com alta concentração de CO₂ pode reduzir esses problemas. Segundo Vanetti (2004) o controle da atividade de alguns microrganismos pode ser alcançado pelo uso de atmosfera controlada ou embalagens com atmosfera modificada. Ambientes com baixas concentrações de oxigênio retardam o crescimento dos principais deterioradores, como bactérias gram-negativas aeróbias estritas do gênero *Pseudomonas* e fungos filamentosos.

Vicente et al. (2003) apontam que concentrações de dióxido de carbono na faixa de 15% reduzem significativamente as perdas pós-colheita diminuindo incidência de podridão causada por *Botrytis cinerea*.

Os microrganismos predominantemente isolados dos morangos processados minimamente no presente trabalho foram os fungos filamentosos *Botrytis cinerea*, *Colletotrichum* sp, *Penicillium* sp, *Cladosporium herbarum* e *Rhizopus* sp. Esses microrganismos, embora não sejam patogênicos ao homem, provocam rápida deterioração do produto. Apesar de não serem patogênicos, existe o risco de que esses fungos produzam micotoxinas que podem ser potencialmente prejudiciais à saúde humana. Trabalhos enfocando esse assunto devem ser conduzidos.

5. CONCLUSÃO

Nas condições experimentais do presente trabalho pode-se concluir, de uma maneira geral, que o uso de baixa temperatura foi mais eficaz que o uso de atmosfera controlada para manter as características físico-químicas, microbiológicas e sensoriais desejadas para morangos processados minimamente, uma vez que o uso das atmosferas contendo 3% O₂ + 10% CO₂ e 3% O₂ + 15% CO₂ (balanço N₂), além de conferirem ao produto sabor indesejável, não tiveram efeito significativo na manutenção da aparência dos morangos processados minimamente quando mantidos a 5°C.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGAR, I. T.; STREIF, J.; BANGERTH, F. Effect of high CO₂ and controlled atmosphere (CA) on the ascorbic and dehydroascorbic acid content of some berry fruits. **Postharvest Biology and Technology**, v. 11, n. 1, p. 47-55, 1997.

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

AYALA-ZAVALA, J. F.; WANG, S. Y.; WANG, C. Y.; GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A. Effect of storage temperatures on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruit. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Tecnologie**, v. 37, n. 8, p. 817-826, 2004.

BRACKMANN, A.; HUNSCHE, M.; WACLAWOSVSKY, A. J.; DONAZZOLO, J. Armazenamento de morangos cv. Oso Grande (*Fragaria ananassa* L.) sob elevadas pressões de CO₂. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 7, n. 1, p. 10-14, 2001.

BRACKETT, R. E. Microbiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. **Journal of Food Quality**, v. 10, p. 195-206, 1987.

BRACKETT, R. E. Microbiological spoilage and pathogens in minimally processed refrigerated fruits and vegetables. In: WILEY, R. C. (Ed.) **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables**. 1st ed. New York: Chapman & Hall, 1994. p. 269-312.

BRASIL. Resolução RDC N°12, de 2 de janeiro de 2001. Aprova o Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**, Brasília, DF. Disponível em: <www.anvisa.gov.br>. Acesso em: 20 jan. 2004.

BRECHT, J. K.; CHAU, K. V.; FONSECA, S. C.; OLIVEIRA, F. A. R.; SILVA, F. M.; NUNES, M. C. N.; BENDER, R. J. Maintaining optimal atmosphere conditions for fruits and

vegetables throughout the postharvest handling chain. **Postharvest Biology and Technology**, v. 27, p. 87- 101, 2003.

CALEGARO, J. M.; PEZZI, E.; BENDER, R. J. Utilização de atmosfera modificada na conservação de morangos em pós-colheita. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 37, n. 8, p. 1049-1055, 2002.

CANTWELL, M. Postharvest handling systems: minimally processed fruits and vegetables. In: KADER, A. A. (Ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. Oakland: University of California, 1992. p. 277-281.

CHITARRA, M. I. F. **Processamento mínimo de frutos e hortaliças**. Viçosa: Centro de Produções Técnicas, 1998. 87 p.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL-FAEPE, 1990. 293 p.

CORDENUNSI, B. R.; NASCIMENTO, J. R. O.; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Influence of cultivar on quality parameters and chemical composition of strawberry fruits grown in Brazil. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 2581-2586, 2002.

CORDENUNSI, B. R.; NASCIMENTO, J. R. O.; LAJOLO, F. M. Physico-chemical changes related to quality of five strawberry fruit cultivars during cool-storage. **Food Chemistry**, v. 83, p. 167-173, 2003.

DAMASCENO, K. S. F. da S. C.; STAMFORD, T. L. M.; ALVES, M. A. Vegetais minimamente processados: uma revisão. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 15, n. 85, p. 20-25, 2001.

DOWNES, F. P.; ITO, K. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. Washington, DC: American Public Health Association, 2001. 676 p.

DUARTE-FILHO, J.; CANÇADO, G. M. A.; REGINA, M. A.; ANTUNES, L. D.; FADINI, M. A. M. Fisiologia pós-colheita e armazenamento de morangos. In: FLORES-CANTILLANO, F. **Morango: tecnologia de produção e processamento**. Caldas, MG: EPAMIG, 1999, p. 187-204.

FAO - Food and Agriculture Organization. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: 13 jun. 2005.

FLORES-CANTILLANO, F. **Morango: pós-colheita**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 28 p. (Frutas do Brasil; 42).

FULEKI, T.; FRANCIS, F. J. Quantitative methods for anthocyanins. 1. Extraction and determination of total anthocyanins in cranberries. **Journal of Food Science**, v. 33, n.1, p. 72-77, 1968.

GIL, M. I.; HOLCROFT, D. M.; KADER, A. A. Changes in strawberry anthocyanins and other polyphenols in response to carbon dioxide treatments. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, n. 5, p. 1662-1667, 1997.

GOMES, C. A. O ; ALVARENGA, A L., B.; FREIRE-JUNIOR, M.; CENCI, S. A. **Hortaliças minimamente processadas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 34 p. (Coleção Agroindústria Familiar)

GORNY, J. R. A summary of CA and MA requirements and recommendations for fresh-cut (minimally processed) fruits and vegetables. **Acta Horticulturae**, n. 600, p.609-614, mar. 2003. Edition of 8th INTERNATIONAL CONTROLLED ATMOSPHERE RESEARCH CONFERENCE, Rotterdam, Netherland.

GORNY, J. R. (Ed.). **Food safety guidelines for the fresh-cut produce industry**. 4th ed. Alexandria: International Fresh-cut Produce Association, 2001. 213p.

HANASHIRO, M. M. **Relações de coordenação entre agricultura, indústria e distribuição dos produtos minimamente processados**. 2003. 125 f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

HOLCROFT, D. M.; KADER, A. A. Controlled atmosphere-induced changes in pH and organic acid metabolism may affect color of stored strawberry fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 17, n. 1, p. 19-32, 1999.

HONÓRIO, S. L.; MORETTI, C. L. Fisiologia pós-colheita de frutas e hortaliças. In: CORTEZ, L. A. B.; HONÓRIO, S. L.; MORETTI, C. L. (Ed.) **Resfriamento de frutas e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 428p.

HULME, A.C. **The biochemistry of fruits and their products**. London: Academic Press, 1970. v. 1, 569 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS. Estatísticas: fruticultura: síntese. Disponível em: <[http://www. ibraf.org.br](http://www.ibraf.org.br)>. Acesso em: 28 jan. 2005.

INTERNATIONAL FRESH-CUT PRODUCE ASSOCIATION. **Fresh-cut produce handling guidelines**. 3 ed. Newark: Produce Marketing Association, 1999. 39 p.

ISO 750: fruit and vegetable products: determination of titratable acidity. 2nd ed. Genève: International Organization for Standardization, 1998.

ISO 1842: fruit and vegetable products: determination of pH. 2nd ed. Genève: International Organization for Standardization, 1991.

ISO 2173: fruit and vegetable products: determination of soluble solids content: refractometric method. 1st ed. Genève: International Organization for Standardization, 1978.

JUQUEIRA, A. H.; LUENGO, R. de F. A. **Mercados diferenciados de hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 1999. 7 p. (Circular Técnica, 17).

KADER, A. A. Physiology of CA treated produce. **Acta Horticulturae**, n. 600, p. 349-354, 2003. (Edition of 8th INTERNATIONAL CONTROLLED ATMOSPHERE RESEARCH CONFERENCE, Rotterdam, Netherland).

KE, D.; GOLDSTEIN, L.; O'MAHONY, M.; KADER, A. A. Effects of short term exposure to low O₂ atmospheres on quality attributes of strawberries. **Journal of Food Science**, v. 56, n. 1, p. 50-54, 1991.

LEE, S. K.; KADER, A. A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. **Postharvest Biology and Technology**, v. 20, n. 3, p. 207-220, 2000.

LANA, M. M.; TIJSKENS, L. M. M.; KOOTEN, O.van. Effects of storage temperature and fruit ripening on firmness of fresh cut tomatoes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 35, n. 1, p. 87-95, 2005.

LANA, M. M.; FINGER, F. L. **Atmosfera modificada e controlada**. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia: Embrapa Hortaliças, 2000. 34p.

LARSEN, M.; WATKINS, C. B. Firmness and concentrations of acetaldehyde, ethyl acetate and ethanol in strawberries stored in controlled and modified atmospheres. **Postharvest Biology and Technology**, v. 5, n. 1-2, p. 39-50, 1995.

LIMA, L. C. O. Qualidade, colheita e manuseio pós-colheita de frutos de morangueiro. **Informe Agropecuário**, v. 20, n. 198, p. 80-83, 1999.

LURIE, S. Temperature management. In: KNEE, M. (Ed.). **Fruit quality and its biological basis**. Boca Raton: CRC Press, 2002. p. 107-121.

MACFIE, H. J.; BRATCHELL, N. Designs to balance the effect of order of presentation and first-order carryover effects in hall tests. **Journal of Sensory Studies**, v. 4, n. 8, p. 129-148, 1989.

MACRAE, R. **Food science and technology**: a series of monographs: HPLC in food analysis. 2nd ed. New York: Academic Press, 1998. p. 77.

MAKINEN, K. K.; SODERLING, E. A quantitative study of mannitol, sorbitol, xylitol and xylose in wild berries and commercial fruits. **Journal of Food Science**, v. 45, n. 2, p. 367-371, 1980.

MANNING, K. Soft fruits. In: SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. A. A (Ed.). **Biochemistry of fruit ripening**. 1st ed. London: Chapman & Hall, 1993. p. 347-376.

MATTOS, M. L. T. Segurança alimentar: o caso do morango. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO, 2.; ENCONTRO DE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS DO MERCOSUL, 1., 2004, Pelotas. **Palestras...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. 1 CD-ROM. p. 161-167.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 1999. p. 354.

MITCHAM, E. J.; CRISOSTO, C. H.; KADER, A. A. **Strawberry**: recommendations for maintaining postharvest quality. Davis, CA: University of California. Disponível em: <<http://rics.ucdavis.edu/postharvest2/produce/ProduceFacts/Fruit/strawberry.shtml>>. Acesso em: 20 jan. 2004.

MITCHEL, G.F. Postharvest handling systems: small fruits (table grapes, strawberries, kiwifruit). In: KADER, A.A. (Ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. 2nd ed. Davis: University of California, 1992. p. 223-231.

MORAES, I. V. M.; MAMEDE, A. M. G. N.; CENCI, S. A.; SOARES, A. G.; BENEDETTI, B. C.; GODOY, R. L. O. Influência do tempo de armazenamento e da cultivar na qualidade de morango (*Fragaria x ananassa* Duch) minimamente processado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 18., 2004, Florianópolis, SC. **Anais...** Florianópolis, SC, 2004.

MORETTI, C. L. Panorama do processamento mínimo de hortaliças. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 3., 2004, Viçosa. **Palestras...**Viçosa: UFV, 2004. p. 1-8.

MORETTI, C. L. Processo de produção. In: **Iniciando um pequeno grande negócio agroindustrial: hortaliças minimamente processadas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica: Embrapa Hortaliças: SEBRAE, 2003. 133 p. il. (Série Agronegócios).

MORETTI, C. L.; AZEVEDO, J. H. Análise de mercado. In: **Iniciando um pequeno grande negócio agroindustrial: hortaliças minimamente processadas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica: Embrapa Hortaliças: SEBRAE, 2003. 133 p. il. (Série Agronegócios).

MYERS, R. A. Packaging considerations for minimally processed fruits and vegetables. **Food Technology**, v. 43, n. 2, p. 129-131, 1989.

NAZIR, M.; BEAUDRY, R. Atmosphere control using oxygen and carbon dioxide. In: KNEE, M. (Ed.). **Fruit quality and its biological basis**. Boca Raton: CRC Press, 2002. p. 122-156.

NUNES, M. C. N.; BRECHT, J. K.; MORAIS, A. M. M. B.; SARGENT, S. A. Physical and chemical quality characteristics of strawberries after storage are reduced by a short delay to cooling. **Postharvest Biology and Technology**, v 6, n. 1-2, p. 17-28, 1995a.

NUNES, M. C. N.; MORAIS, A. M. M. B.; BRECHT, J. K.; SARGENT, S. A. Quality of strawberries after storage in controlled atmospheres at above optimum storage temperatures. **Proc. Fla Sate Hort. Soc.** 108, p. 273–278, 1995b.

PAZINATO, B. C. Processamento do morango. In: DUARTE-FILHO, J.; CANÇADO, G. M. A.; REGINA, M. de A.; ANTUNES, L. D.; FADINI, M. A. M. **Morango: tecnologia de produção e processamento**. Caldas: EPAMIG, 1999. p. 187-204.

PELAYO, C.; EBELER, S. E.; KADER, A. A. Postharvest life and flavor quality of three strawberry cultivars kept at 5 °C in air + 20 KPa CO₂. **Postharvest Biology and Technology**, v. 27, n. 2, p. 171-183, 2003.

RIBEIRO, F. Cardápios de inverno apostam em morangos. **Jornal O Globo**, Rio de Janeiro, 2 jul. 2005. Caderno de Economia, Guia de compras. p. 30.

ROLLE, R.; CHISM, G. W. Physiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. **Jounal of Food Quality**, v. 43, p. 274-276, 1987.

RONQUE, E. R. V. **A cultura do morangueiro**. Curitiba: EMATER-PR, 1998. p. 183-202.

SCALON, S. P. Q., CHITARRA, A. B., CHITARRA, M. I. F. Conservação de morangos (*Fragaria ananassa* Duch) cv. Seguóia em atmosfera modificada. In: CONGRESSO DA PÓS-GRADUAÇÃO DA UFLA, 8., 1995, Lavras. **Anais...**Lavras:UFLA, 1995. p. 24-25.

SCHLIMME, D. V. Marketing lightly processed fruit and vegetables. **HortScience**, v. 30, n. 1, p. 15-17, 1995.

SCHLIMME, D. V.; ROONEY, M. L. Packaging of minimally processed refrigerated fruits and vegetables. In: WILEY, R.C. (Ed.) **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables**. 1st ed. New York: Chapman & Hall, 1994. p.135-182.

SISTRUNK, W. A.; MORRIS, J. R. Storage stability of strawberry products manufactured from mechanically-harvest strawberries. **Journal of American Society of Horticultural Science**, v. 103, n. 5, p. 616-620, 1978.

SOLIVA-FORTUNY, R. C.; MARTÍN-BELLOSO, O. New advances in extending the shelf-life of fresh-cut fruits: a review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 14, p. 341-353, 2003.

SPAYD, S. E.; MORRIS, J. R. Effects of immature fruit and holding on strawberry puree quality and color stability. **Journal of American Society of Horticultural Science**, v. 106, n. 2, p. 211-216, 1981.

SUSLOW, T. **Postharvest chlorination**: basic properties and key points for effective distribution. University of California, 1997. Disponível em: <<http://anrcatalog.ucdavis.edu/pdf/8003.pdf>>. Acesso em: 12 jul. 2003.

THOMPSON, J. F.; BRECHT, P. E.; HINSCH, T.; KADER, A. A. **Marine container transport of chilled perishable produce**. Oakland, CA: University of California, Agricultural and Natural Resources, 2000. 32 p. Publication 21595.

TODA fruta: frutas de A à Z: morango. Disponível em: <<http://www.todafruta.com.br>>. Acesso em: 14 jul. 2005.

TUDELA, J. A.; VILLAESCUSA, R.; ARTÉS-HDEZ, F.; ARTÉS, F. High carbon dioxide during cold storage for keeping strawberry quality. **Acta Horticulturae**, n. 600, p. 201-204, 2003. (Edition of 8th INTERNATIONAL CONTROLLED ATMOSPHERE RESEARCH CONFERENCE, Rotterdam, Netherland).

VANETTI, M. C. D. Segurança microbiológica em produtos minimamente processados. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 3., 2004, Viçosa. **Palestras...**Viçosa: UFV, 2004. p. 30-32.

VICENTE, A. R.; CHAVES, A. R.; CIVELLO, P. M.; MARTINEZ, G. A. Effects of combination of heat treatments and modified atmospheres on strawberry fruit quality. **Acta Horticulturae**, n. 600, p. 197-199, mar. 2003. Edition of 8th INTERNATIONAL CONTROLLED ATMOSPHERE RESEARCH CONFERENCE, Rotterdam, Netherland.

WATADA, A. E.; ABE, K.; YAMUCHI, N. Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. **Food Technology**, v. 44, n. 5, p. 116-122. 1990.

WILLS, R. B. H.; KIM, G. H. Effect of ethylene on postharvest life of strawberries. **Postharvest Biology and Technology**, v. 6, n. 3-4, p. 249-255, 1995.

WRIGHT, K. P.; KADER, A. A. Effect of slicing and controlled-atmosphere storage on the ascorbate content and quality of strawberries and persimmons. **Postharvest Biology and Technology**, v. 10, n. 1, p. 39-48, 1997.

VAROQUAUX, P.; WILEY, R.C. Biological and biochemical changes in minimally processed refrigerated fruits and vegetables In: WILEY, R. C. (Ed.) **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables**. 1st ed. London: Chapman & Hall, 1994. p. 269-312.

YAMASHITA, F. Filmes e revestimentos biodegradáveis aplicados a frutas e hortaliças minimamente processadas. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 3., 2004, Viçosa. **Palestras...**Viçosa: UFV, 2004. p. 57-62.

ANEXOS

Anexo 1. Fichas usadas no TESTE DE COMPARAÇÃO MÚLTIPLA.

Nome: _____ Data: _____

Você está recebendo amostras de **MORANGO** para comparar cada uma com a **referência** marcada com **R**. Determine se é **mais, comparável,** ou **menos** do que a **referência**. Então marque a quantidade de diferença que existe.

APARÊNCIA

Intensidade de vermelho

N° da amostra _____
 Mais vermelho que R _____
 Igual a R _____
 Menos vermelho que R _____

Quantidade da diferença

Nenhuma _____
 Leve _____
 Moderada _____
 Muito _____
 Extrema _____

Brilho

N° da amostra _____
 Mais brilhante que R _____
 Igual a R _____
 Menos brilhante que R _____

Quantidade da diferença

Nenhuma _____
 Leve _____
 Moderada _____
 Muito _____
 Extrema _____

Murcho

N° da amostra _____
 Mais murcho que R _____
 Igual a R _____
 Menos murcho que R _____

Quantidade da diferença

Nenhuma _____
 Leve _____
 Moderada _____
 Muito _____
 Extrema _____

Presença de Injúrias

N° da amostra _____
 Mais injuriado que R _____
 Igual a R _____
 Menos injuriado que R _____

Quantidade da diferença

Nenhuma _____
 Leve _____
 Moderada _____
 Muito _____
 Extrema _____

Presença de fungos

N° da amostra _____
 Mais fungado que R _____
 Igual a R _____
 Menos fungado que R _____

Quantidade da diferença

Nenhuma _____
 Leve _____
 Moderada _____
 Muito _____
 Extrema _____

Ressecamento na reg. corte

N° da amostra _____
 Mais ressecado que R _____
 Igual a R _____
 Menos ressecado que R _____

Quantidade da diferença

Nenhuma _____
 Leve _____
 Moderada _____
 Muito _____
 Extrema _____

Comentários: _____

TESTE DE COMPARAÇÃO MÚLTIPLA

Nome: _____ Data: _____

Você está recebendo amostras de **MORANGO** para comparar cada uma com a **referência** marcada com **R**. Determine se é **mais**, **comparável**, ou **menos** do que a **referência**. Então marque a quantidade de diferença que existe.

TEXTURA

Borrachudo

N° da amostra _____

Mais borrachudo que R _____

Igual a R _____

Menos borrachudo que R _____

Quantidade da diferença

Nenhuma _____

Leve _____

Moderada _____

Muito _____

Extrema _____

SABOR

Característico

N° da amostra _____

Mais característico que R _____

Igual a R _____

Menos característico q/ R _____

Quantidade da diferença

Nenhuma _____

Leve _____

Moderada _____

Muito _____

Extrema _____

GOSTO

Doce

N° da amostra _____

Mais doce que R _____

Igual a R _____

Menos doce que R _____

Quantidade da diferença

Nenhuma _____

Leve _____

Moderada _____

Muito _____

Extrema _____

Ácido

N° da amostra _____

Mais ácido que R _____

Igual a R _____

Menos ácido que R _____

Quantidade da diferença

Nenhuma _____

Leve _____

Moderada _____

Muito _____

Extrema _____

SABOR

Passado

N° da amostra _____

Mais passado que R _____

Igual a R _____

Menos passado que R _____

Quantidade da diferença

Nenhuma _____

Leve _____

Moderada _____

Muito _____

Extrema _____

Aguado

N° da amostra _____

Mais aguado que R _____

Igual a R _____

Menos aguado que R _____

Quantidade da diferença

Nenhuma _____

Leve _____

Moderada _____

Muito _____

Extrema _____

Comentários: _____

Anexo 2. Valores de F da análise de variância para os atributos de aparência.

Causas de Variação	GL	Int. cor vermelha	Brilho	Murcho	Pres. injúrias	Pres. fungos	Ressec. região corte
Atmosfera	2	0,383	19,766*	21,128*	3,903*	15,736*	38,508*
Temperatura	1	5,672*	21,828*	12,120*	25,404*	159,044*	28,242*
Tempo	2	12,227*	42,675*	15,403*	22,317*	149,822*	13,845*
Atm x temper.	2	3,855*	5,275*	3,798*	2,503	14,737*	1,541
Temper. x tempo	2	1,844	20,657*	16,990*	48,356*	153,347*	15,173*
Atm. x tempo	4	2,649*	2,347	2,632*	1,712	13,463*	2,618*
Erro	265						
Total	291						

GL = graus de liberdade, F = F de Snedecor, * significativo $p < 0,05$

Anexo 3. Valores de F da análise de variância para os atributos de textura e sabor.

Causas de Variação	GL	Textura borrachuda	Sabor característico	Gosto doce	Gosto ácido	Gosto passado	Gosto aguado
Atmosfera	2	1,225	35,288*	2,499	2,317	17,335*	4,832*
Temperatura	1	2,685	11,436*	3,531	0,439	4,357*	7,183*
Tempo	2	1,568	6,520*	1,181	0,287	1,956	2,131
Atm x temper.	2	0,283	4,970*	0,053	1,956	1,972	2,145
Temper. x tempo	1	0,017	0,357	0,021	0,530	0,001	0,898
Atm. x tempo	4	1,140	4,095*	1,463	0,350	1,563	0,497
Erro	221						
Total	244						

GL = graus de liberdade, F = F de Snedecor, * significativo $p < 0,05$