

FRANCISCLÉUDO BEZERRA DA COSTA

**FISIOLOGIA E CONSERVAÇÃO DE CULTIVARES DE
MORANGOS INTEIROS E MINIMAMENTE
PROCESSADOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2009

FRANCISCLEUDO BEZERRA DA COSTA

**FISIOLOGIA E CONSERVAÇÃO DE CULTIVARES DE
MORANGOS INTEIROS E MINIMAMENTE
PROCESSADOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 27 de fevereiro de 2009

José Mauro de Sousa Balbino

Adriano do Nascimento Simões

Prof. Fernando Luiz Finger
(Co-Orientador)

Prof. Marcelo Augusto G. Carnelossi
(Co-Orientador)

Prof. Rolf Puschmann
(Orientador)

Aos meus pais, Antônio B. da Costa e Sebastiana F. da Costa, com todo o amor.

À minha namorada, Rafaela Rodrigues, com todo o carinho.

Aos meus irmãos e cunhado(a)s, com todo o respeito.

Aos meus sobrinhos, com toda a admiração.

AGRADECIMENTOS

À Deus e a Nossa Senhora da Saúde, fontes de força, coragem e incentivo.

À Universidade Federal de Viçosa, pela realização do curso de Doutorado.

À Capes, CNPq e Fapemig pelo apoio financeiro.

Ao meu orientador e amigo, professor Rolf Pushmann, pela amizade, compreensão e motivação.

Aos professores Fernando L. Finger, Raimundo S. Barros, Fábio M. da Matta e Marco A. Pedron, pelo aconselhamento e valiosas sugestões.

Aos professores Wagner C. Otoni e Marcelo A. G. Carnellosi (UFES) e ao pesquisador José Mauro de Sousa Balbino (Incaper-ES), pela valiosa amizade.

Aos bolsistas e estagiários, pelos momentos importantes de ajuda.

Aos amigos Marcelo Cleon, Roberto Cleiton, Pahlevi Augusto e Georgiana, Adriano Simões e Diana Freitas, pelos valiosos momentos de conversa.

À todos os amigos, por mais essa conquista em minha vida.

À minha namorada Rafaela Rodrigues, a quem devo carinho e admiração.

À Edna Teixeira e José Marcos, pelo apoio incondicional.

Em especial, a toda a minha família que foi muito importante nos momentos decisivos, principalmente, pelo apoio durante toda a minha vida.

Aqui fica o meu sincero sentimento de agradecimento a todos aqueles que foram importantes na realização deste documento, seja de forma direta ou indireta.

BIOGRAFIA

FRANCISCLÉUDO BEZERRA DA COSTA, filho de Antônio Bezerra da Costa e Sebastiana Francisca da Costa. Nasceu em 28 de setembro de 1978, em Mossoró-RN. Em 1998, ingressou no curso de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal Rural do Semiárido – Ufersa/RN. A partir do 2º período do curso foi estagiário do Núcleo de Estudos Pós-Colheita de Frutos e Hortaliças. Participou do Programa de Iniciação Científica, CNPq, de junho de 1999 a dezembro de 2002, e, foi bolsista de Iniciação Tecnológica e Industrial – ITI, no projeto *Controle de qualidade dos principais frutos produzidos no vale do Açu-RN*. De julho de 2000 a dezembro de 2002, foi bolsista de Iniciação Científica de Auxílio à Pesquisa – AP, no projeto *Armazenamento refrigerado do melão tipo Galia produzido no agropolo Mossoró-Açu/RN*. Com defesa da monografia em dezembro de 2002, recebeu o título de Engenheiro Agrônomo em janeiro de 2003. Em março do mesmo ano, ingressou no curso de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa-MG, com área de concentração em fisiologia pós-colheita de frutos e hortaliças e defesa de dissertação em fevereiro de 2005. Em março do mesmo ano, ingressou no curso de Doutorado dessa mesma instituição e programa, submetendo-se à defesa de tese em 27 de fevereiro de 2009.

CONTEÚDO

RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
INTRODUÇÃO GERAL	1
CAPÍTULO 1. ALTERAÇÕES FÍSICAS E QUÍMICAS DE MORANGOS ORIUNDOS DE CULTIVO CONVENCIONAL E ORGÂNICO	
RESUMO	3
1. INTRODUÇÃO	5
2. MATERIAL E MÉTODOS	7
2.1. Obtenção do material vegetal	7
2.2. Análises físicas e químicas	7
2.3. Avaliação visual do crescimento de fungos	8
2.4. Análise estatística	8
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	9
4. CONCLUSÕES	15
5. LITERATURA CITADA	16
CAPÍTULO 2. DESENVOLVIMENTO DE FLUXOGRAMA OPERACIONAL PARA O PROCESSAMENTO MÍNIMO DE MORANGO	
RESUMO	20
1. INTRODUÇÃO	22
2. MATERIAL E MÉTODOS	25
2.1. Obtenção da matéria-prima	25

2.2. Adequação do fluxograma de processamento mínimo	25
2.3. Conservação do morango minimamente processado	26
2.4. Extravasamento de eletrólitos	26
2.5. Contagem padrão de fungos filamentosos e leveduras	27
2.6. Quantidade de água livre	28
2.7. Quantificação do dióxido de carbono	28
2.8. Extrações de amostras para análises de vitamina C, antocianinas e compostos fenólicos	28
2.9. Vitamina C	29
2.10. Antocianinas	29
2.11. Compostos fenólicos totais	30
2.12. Análise estatística	30
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
3.1. Conservação do morango após a remoção do cálice	32
3.2. Respostas do morango à sanitização, à drenagem, ao corte e à temperatura	34
3.3. Conservação do morango minimamente processado	47
3.4. Fluxograma de processamento mínimo do morango	52
4. CONCLUSÕES	55
5. LITERATURA CITADA	57

CAPÍTULO 3. CONSERVAÇÃO DO MORANGO MINIMAMENTE PROCESSADO REVESTIDO COM QUITOSANA

RESUMO	69
1. INTRODUÇÃO	71
2. MATERIAL E MÉTODOS	74
2.1. Processamento mínimo da matéria-prima	74
2.2. Revestimento comestível	74
2.3. Análises físicas e químicas	74
2.4. Análises enzimáticas	75
2.5. Determinação do teor de proteína	77
2.6. Avaliação sensorial	77
2.7. Análise estatística	78
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	80
3.1. Alterações físicas e químicas	80
3.2. Atividade da pectinametilesterase	93
3.3. Atividades da fenilalanina amônia-ase, polifenoloxidase e peroxidase ..	95
3.4. Atributos de análise sensorial	100
4. CONCLUSÕES	105
5. LITERATURA CITADA	106
CONCLUSÕES GERAIS	114

RESUMO

COSTA, Franciscléudo Bezerra da, D. Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2009. **Fisiologia e conservação de cultivares de morangos inteiros e minimamente processados**. Orientador: Rolf Puschmann. Co-Orientadores: Fernando Luiz Finger e Marcelo Augusto G. Carnellosi

O trabalho objetivou estudar o comportamento de morangos provenientes de cultivo convencional e orgânico, determinando as alterações bioquímicas, físicas, químicas e microbiológicas durante o seu processamento mínimo e sua conservação. Morangos Camarosa, Dover e Oso Grande, oriundos de plantio convencional e orgânico não diferiram significativamente para as características físicas e químicas massa fresca, sólidos solúveis, acidez titulável, razão SST/ATT e pH mantidos a $5\pm 0,5$ °C sob 90-95 % UR. A retirada do cálice dos morangos Dover não alterou as características físicas e químicas estudadas, quando conservados a $5\pm 0,5$ °C, sob 90-95 % UR, por 13 dias. A imersão em solução de cloro orgânico com 200 mg L⁻¹ por 30 segundos e a drenagem por 20 minutos foram condições adequadas ao processamento mínimo. Logo após o processamento mínimo, nos morangos inteiros e cortados, os teores de vitamina C, antocianinas e compostos fenólicos mantiveram-se inalterados. Mas, quando acondicionados em filme de policloreto de vinila (PVC), a $5\pm 0,5$ °C e 90-95 % UR, os teores de vitamina C se reduziram, enquanto os teores de antocianinas e compostos fenólicos aumentaram nos frutos cortados. Morangos Dover, inteiros ou cortados, revestidos com solução à base de quitosana e conservados por 8 dias, a

5±0,5 °C sob 90-95 % UR, apresentaram-se com maior diferença para o índice de cor vermelha e para o croma, perda de massa fresca acima de 20% e menor firmeza, em relação aos morangos não revestidos ou embalados com filme PVC. A qualidade sensorial (cor, aroma, sabor, frescor e aspecto global) nos morangos inteiros ou cortados e revestidos ou não com quitosana, manteve-se inalterada com o período de conservação por 4 dias. Morangos Dover minimamente processados, envolvidos com filme PVC, tiveram atividade reduzida das enzimas pectinametilesterase, polifenoloxidase e peroxidase, tanto nos frutos inteiros quanto nos cortados, durante a conservação. A atividade da fenilalanina amonialiase não diferiu entre os morangos revestidos ou não e foi maior nos frutos cortados comparados aos inteiros. Desse modo, o fluxograma para o processamento mínimo de morango foi estabelecido a partir das operações de resfriamento rápido, remoção do cálice e pedicelo, seguido da sanitização, enxágue, drenagem, corte e conservação a 5±0,5 °C sob 90-95 % UR.

ABSTRACT

COSTA, Francisléudo Bezerra da, D. Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2009. **Physiology and conservation of whole and minimally processed strawberries cultivars.** Adviser: Rolf Puschmann, Co-Advisers: Fernando Luiz Finger and Marcelo Augusto G. Carnellosi

The aim of this work was to study strawberries produced by conventional and organic cultivation through shelf life, determining the biochemical, physical, chemical and microbiological changes. Cultivars Camarosa, Dover and Oso Grande Strawberries from conventional and organic cultivation did not differ significantly in physical and chemical characteristics, fresh weight, soluble solids, titratable acidity, SST/ATT reason and pH remained around 5 ± 0.5 °C and 90-95 % relative humidity (RH). The removal of the calyx from Dover strawberries did not change the physical and chemical studied characteristics, as was observed when they were kept at 5 ± 0.5 °C and 90-95 % RH thirteen days. The immersions of the strawberries in an organic chlorine solution (200 mg L^{-1}) for thirty seconds, followed by a straining during twenty seconds were considered appropriate steps for the minimum processing. Anthocyanin, phenolic compounds and vitamin C remained unchanged after the processing, both in whole and in cut strawberries. However, by packaging the cut fruits in polyvinyl chloride (PVC) at 5 ± 0.5 °C and 90-95 % RH resulted in the reduction of the vitamin C content. On the other hand, the anthocyanin and phenolic compounds content increased substantially. Both whole and cut Dover Strawberries,

coated with chitosan solution and kept for 8 days at 5 ± 0.5 °C and 90-95 % RH presented higher variation for the changes of red color and chroma, the loss of weight greater than 20 % and less consistency when compared with uncoated and unpacked strawberries. The sensorial qualities (color, fragrance, flavor, freshness and global aspect) both in whole and cut strawberries, as well as in those coated and uncoated with chitosan solution remained unchanged during 4 days of storage. Dover strawberries minimally processed, coated with PVC film, presented lower activity of pectinmethylesterase, polyphenoloxidase and peroxidase enzymes through storage, in both whole and in cut fruits. The phenylalanine ammonialyase activity did not differ between coated and uncoated fruits, but was higher in cut than in whole fruits. Therefore, the flowchart for the strawberries minimum processing was established as follow: rapid cooling operations, removal of calyx, removal of pedicel, sanitization, rinse, straining, cut and storage at 5 ± 0.5 °C and 90-95 % RH.

INTRODUÇÃO GERAL

O cotidiano das pessoas tem sido marcado, ano após ano, pelas mudanças no hábito alimentar e no estilo de vida. Isso pode ser claramente observado pela oferta de produtos que detêm mercados cada vez mais especializados, seja pela tecnologia de produção ou pelas operações de preparo e manuseio inerentes ao produto. Tal mercado caracteriza-se por consumidores que fazem apelo à qualidade de vida e à educação futura, preocupados com a saúde. Dessa forma, a busca por uma vida mais saudável tem resultado na demanda por alimentos frescos e saudáveis, ricos em substâncias como vitaminas, pigmentos, proteínas e, mais recentemente, compostos fenólicos que possuem atividade antioxidante.

A preocupação com a origem e a qualidade dos alimentos faz com que os consumidores aumentem a procura por frutas e hortaliças *in natura* e deem preferência àquelas oriundas de produção orgânica ou de cultivos com uso racional de defensivos. Ademais, é importante destacar que, além da origem e da qualidade, o produto deve oferecer também, praticidade e segurança ao consumidor.

Para atender a essa necessidade dos consumidores, o processamento mínimo de morango surge como uma alternativa de mercado que oferece qualidade, frescor e conveniência. Embora as formas de preparo e apresentação, durante e após o processamento, variem amplamente com o tipo de corte, com a tecnologia de

embalagem ou com a conservação, o consumidor sempre terá a garantia de um produto fresco, saudável e pronto para consumo.

Logo, a definição de estratégias e técnicas para a elaboração de um fluxograma operacional de processamento mínimo do morango é de suma importância para compreender o efeito do manuseio nos processos bioquímicos, físicos, fisiológicos, químicos e microbiológicos do produto final por meio das enzimas de parede celular e oxidativas, vitamina C, antocianinas, compostos fenólicos, extravasamento de eletrólitos, taxa respiratória e crescimento de fungos e leveduras, garantindo assim a qualidade antes e durante a conservação. Nesse sentido, algumas tecnologias, como o uso de revestimentos comestíveis ou de embalagem com atmosfera passiva, podem contribuir para a obtenção de um produto conveniente, com qualidade e seguro para a saúde.

Os objetivos do trabalho foram: 1) avaliar as alterações físicas e químicas em cultivares de morangos oriundos de cultivo convencional e orgânico após a colheita e durante a conservação; 2) estudar as mudanças físicas, químicas, fisiológicas e microbiológicas durante o desenvolvimento de um fluxograma para o processamento mínimo de morango; e 3) estudar as mudanças físicas, químicas, bioquímicas e sensoriais no morango minimamente processado revestido com quitosana durante a conservação.

CAPÍTULO I

Alterações físicas e químicas de morangos oriundos de cultivo convencional e orgânico

RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar as alterações físicas e químicas em cultivares de morangos oriundos de cultivo convencional e orgânico durante sua conservação. A partir dos sistemas de produção convencional e orgânica, foram utilizados morangos Camarosa, Dover e Oso Grande, obtidos em Venda Nova do Imigrante-ES, acondicionados em bandeja de politereftalato de etileno (PET, 177x122x40 mm) perfurada na tampa, com capacidade para 250 g e transportados sob refrigeração por cerca de 300 km até o laboratório de fisiologia pós-colheita da UFV, Viçosa-MG. Os morangos foram mantidos a $5\pm 0,05$ °C, sob 90-95 % UR, com avaliações físicas e químicas realizadas a cada três dias, até os 10 dias. A perda de massa fresca aos dez dias foi cerca de 6 %, independente do sistema de produção. Durante a conservação, os níveis de SST no Camarosa mantiveram-se maiores, seguidos do Oso Grande e do Dover, e os teores de ATT mantiveram-se praticamente constantes. Oso Grande mostrou-se com valores de pH maior, seguido do Dover e Camarosa, durante a

conservação. A razão SST/ATT variou entre 11 e 6, do início até o final da conservação, com destaque para Oso Grande, com maior razão SST/ATT, seguido do Camarosa e Dover. Os morangos mantiveram sua qualidade durante a conservação, principalmente devido à ausência de fungos nos frutos, nas condições deste trabalho.

Palavras-chave: *Fragaria x ananassa* Duch., sistema de produção, conservação.

1. INTRODUÇÃO

O morangueiro é cultivado nos diversos estados das regiões do Brasil. No Sudeste, destacam-se os estados de Minas Gerais, com produção em 2007 de 96 mil toneladas, cerca de 50 % do total nacional; São Paulo com 54 mil toneladas ou 30 % da produção nacional; e a região Sul, com o Rio Grande do sul produzindo 27 mil toneladas ou 15 % do total nacional (Agro Comunicação, 2008). A cultura não se limita apenas aos campos dos estados das regiões Sudeste e Sul. Em outros estados, como Paraná, Espírito Santo, Santa Catarina, Distrito Federal e Bahia, vem crescendo o cultivo do morangueiro (Terrazzan *et al.*, 2006). Essa expansão territorial atribui-se à melhoria nas tecnologias de produção, disponibilidade de novos cultivares, com produção nas mais variadas condições de solo e clima, ciclo de produção uniforme, resistência às doenças e facilidade na colheita, resultando em morangos de ótima qualidade.

A demanda pelo consumidor consiste em morangos *in natura* com qualidade, em geral definida por características sensoriais, como ausência de defeitos, intensidade de cor vermelha, frescor e sabor que compreendem o balanço entre os níveis de açúcares e ácidos orgânicos (Mitcham, 1996; Pelayo *et al.*, 2003; Azodanlou *et al.*, 2004). Além desses atributos, o consumidor preocupa-se com a saúde, resultado da mudança no comportamento alimentar e no estilo de vida das pessoas, que buscam produtos mais saudáveis e livres de defensivos agrícolas. Para isso, alguns fatores como cultivar, tipos de solo e de clima, sistema de produção (convencional ou orgânico) e tratamentos pós-colheita que influenciam nas características sensoriais do morango (aroma, cor e sabor), devem ser levados em consideração (Haffner, 2002; Darolt, 2003; Resende *et al.*, 2008).

O morango tem comportamento não-climatérico para respiração, extremamente perecível, é de conservação pós-colheita difícil devido à elevada suscetibilidade ao ataque de patógenos (Malgarim *et al.*, 2006; Prasanna *et al.*, 2007). Essa suscetibilidade faz do morangueiro uma cultura exigente em mão-de-obra e, portanto, de importância social e econômica significativa, para as comunidades envolvidas (Krolow *et al.*, 2007). No entanto, para viabilizar a produção muitos produtores fazem uso excessivo de aplicações de fertilizantes e de defensivos agrícolas, transferindo para o morango uma imagem negativa junto ao consumidor. A fim de minimizar esse efeito, experiências de produção orgânica do morango vêm

sendo adotadas e têm se mostrado competitivas em termos técnico, econômico e ecológico, sendo, portanto, uma alternativa viável às pequenas propriedades familiares (Darolt, 2005).

Estudos comparativos que avaliam atributos de qualidade pós-colheita do morango com relação ao sistema de produção (convencional e orgânico), geralmente, são limitados ou se encontram na fase inicial. Os poucos resultados disponíveis mostram-se variáveis, o que não permite afirmar a existência de diferenças significativas na qualidade em sabor e valor nutricional de morangos convencionais ou orgânicos (Darolt, 2008). Por exemplo, amostras de morangos convencionais e orgânicos, na Região Metropolitana de Curitiba-PR, não mostraram diferenças significativas nos teores de acidez total titulável e de vitamina C (Stertz, 2004). Morangos provenientes de cultivo convencional ou orgânico, mantidos a 1 e 11 °C durante 15 dias, acumularam perda de massa fresca acima de 10 %, a partir do sexto dia. No mesmo estudo, os pesquisadores verificaram que o teor de vitamina C nos morangos de cultivo orgânico, durante a conservação, manteve-se maior em relação aos pseudofrutos de cultivo convencional (Terrazan *et al.*, 2006). O trabalho realizado por Ren *et al.* (2001) determinaram o nível de polifenóis de hortaliças (alho, couve, espinafre, pimentão verde e repolho chinês) produzidas em cultivo convencional e orgânico. Os autores constataram que os teores em flavonoides (quercetina) e ácido cafeico nas hortaliças provenientes do cultivo orgânico foram de 1,3 a 10,4 vezes maiores que aqueles encontrados nas hortaliças de cultivo convencional. Estudo com frutas e hortaliças, sob os aspectos de valor nutricional, qualidade sensorial e segurança alimentar (crescimento de microrganismos), mostraram que não houve diferença nas concentrações de nutrientes entre produtos de cultivo convencional e orgânico (Bourn & Prescott, 2002).

O crescente interesse pela segurança do alimento associado à produção e ao consumo de alimentos justifica as pesquisas focadas em descrever o comportamento pós-colheita de morangos produzidos em diferentes sistemas de produção, convencional ou orgânico.

Em função disso, o objetivo do trabalho foi observar as alterações físicas e químicas de cultivares distintos de morangos provenientes de cultivo convencional e orgânico após a colheita e durante a conservação.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção do material vegetal

Foram utilizados morangos (*Fragaria x ananassa* Duch. cv Camarosa, Dover e Oso Grande), colhidos em áreas experimentais de cultivo convencional e orgânico do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural – Incaper em Venda Nova do Imigrante-ES e acondicionados em bandejas de politereftalato de etileno (PET, 177x122x40 mm) perfuradas na tampa, com capacidade para 300 g. As condições de preparo e cultivo seguiram os procedimentos adotados pela instituição. Em seguida, os morangos foram transportados sob refrigeração, por cerca de 300 km, em caixas de papelão com 4 bandejas, até o laboratório de fisiologia pós-colheita de frutas e hortaliças da Universidade Federal de Viçosa-MG.

Os morangos foram mantidos em expositor vertical (Metalfrio) com circulação de ar forçado, à temperatura de $5\pm 0,5$ °C sob 90-95 % UR.

2.2 Análises físicas e químicas

As análises foram realizadas 24 h após a colheita, seguidas de avaliações a cada 3 dias, até os 10 dias de conservação.

- *Massa fresca*

A perda de massa fresca (PMF) foi obtida por gravimetria nos morangos inteiros, em balança de precisão de 0,01 g, e os resultados, expressos em porcentagem, estimados a partir das diferenças de massa das unidades experimentais entre o momento da instalação do experimento e o dia de cada avaliação.

- *Sólidos Solúveis Totais*

O suco celular foi extraído de 100 g de morangos, triturados com auxílio de um microprocessador de alimentos Comfort CE55 - Walitta® e filtrado em duas camadas de gaze. Os níveis de sólidos solúveis totais (SST) foram obtidos com auxílio de um refratômetro de mesa tipo Abbé.

- *Acidez Total Titulável*

O teor de acidez total titulável (ATT) foi determinado por titulometria, usando-se 5 mL do suco extraído para SST e homogeneizado em 45 mL de água

destilada, acrescida de 3 gotas de fenolftaleína alcoólica 1%, utilizando-se solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 N, padronizada com biftalato de potássio, como titulante. Os resultados foram expressos como porcentagem de ácido cítrico equivalente à quantidade de NaOH gasto na titulação (Ryan & Dupont, 1973).

- Razão SST/ATT

A razão SST/ATT foi estimada pelo quociente entre os dois constituintes. Em seguida, os morangos foram classificados quanto ao sabor.

- Potencial hidrogeniônico

Os níveis de potencial hidrogeniônico (pH) foram determinados diretamente no suco extraído para SST, com auxílio de um potenciômetro digital, modelo DM 20.

2.3 Avaliação visual do crescimento de fungos

Os morangos foram avaliados visualmente quanto à presença ou ausência de fungos por dia de análise, durante a conservação.

2.4 Análise estatística

No experimento de avaliação comparativa, convencional x orgânico, utilizou-se o esquema fatorial 3 x 2 x 4, em que o primeiro fator foi cultivar (Camarosa, Dover e Oso Grande); o segundo, os sistemas de cultivo (convencional e orgânico); e o terceiro, os tempos de conservação (1, 4, 7 e 10 dias). O delineamento foi o inteiramente ao acaso, com 5 repetições, cada unidade experimental contendo em torno 300 g de morangos. Os resultados foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Independentemente do sistema de cultivo, os morangos amostrados até os 10 dias de conservação tiveram perda de massa fresca acumulada semelhante, cerca de 6 % (Figura 1A e F). Os maiores valores de perda massa fresca diária, foram registrados para os morangos convencionais, na seguinte ordem: Camarosa, Oso Grande e Dover. Nos morangos orgânicos, esses valores de PMF foram, em ordem crescente, Oso Grande, Camarosa e Dover.

Um comparativo entre os sistemas de cultivo mostrou que, ao longo do período de conservação, os maiores valores de PMF foram para morangos convencionais, com diferença positiva para Camarosa, Dover e Oso Grande de até 13, 17 e 35 %, respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2. Diferença percentual das características físicas e químicas entre o sistema convencional e orgânico de morangos Camarosa, Dover e Oso Grande, mantidos a $5\pm 0,5$ °C, sob 90-95 % UR, por 10 dias

Características	Diferença entre o sistema convencional e orgânico, %		
	Camarosa	Dover	Oso Grande
PMF	+13*	+17	+35
SST	- 8	+ 6	+ 5
ATT	+10	+11	+12
pH	- 4	- 3	- 2
SST/ATT	- 16	- 4	- 5

*Os valores foram estimados ao final da conservação por média aritmética de cada dia de análise. O sinal de (+) significa convencional em relação ao orgânico e (-) orgânico em relação ao convencional

A perda de massa fresca pode estar associada ao tipo de embalagem utilizada, comercialmente empregada por alguns produtores de morango. Esse tipo de embalagem, com perfurações na tampa, não limita a perda de vapor de água pela superfície dos morangos. Utilizando esse tipo de embalagem PET, Terrazzan *et al.* (2006) estimaram PMF em morangos, entre 5 e 10 %, a partir do sexto dia de conservação, no cultivo convencional ou orgânico.

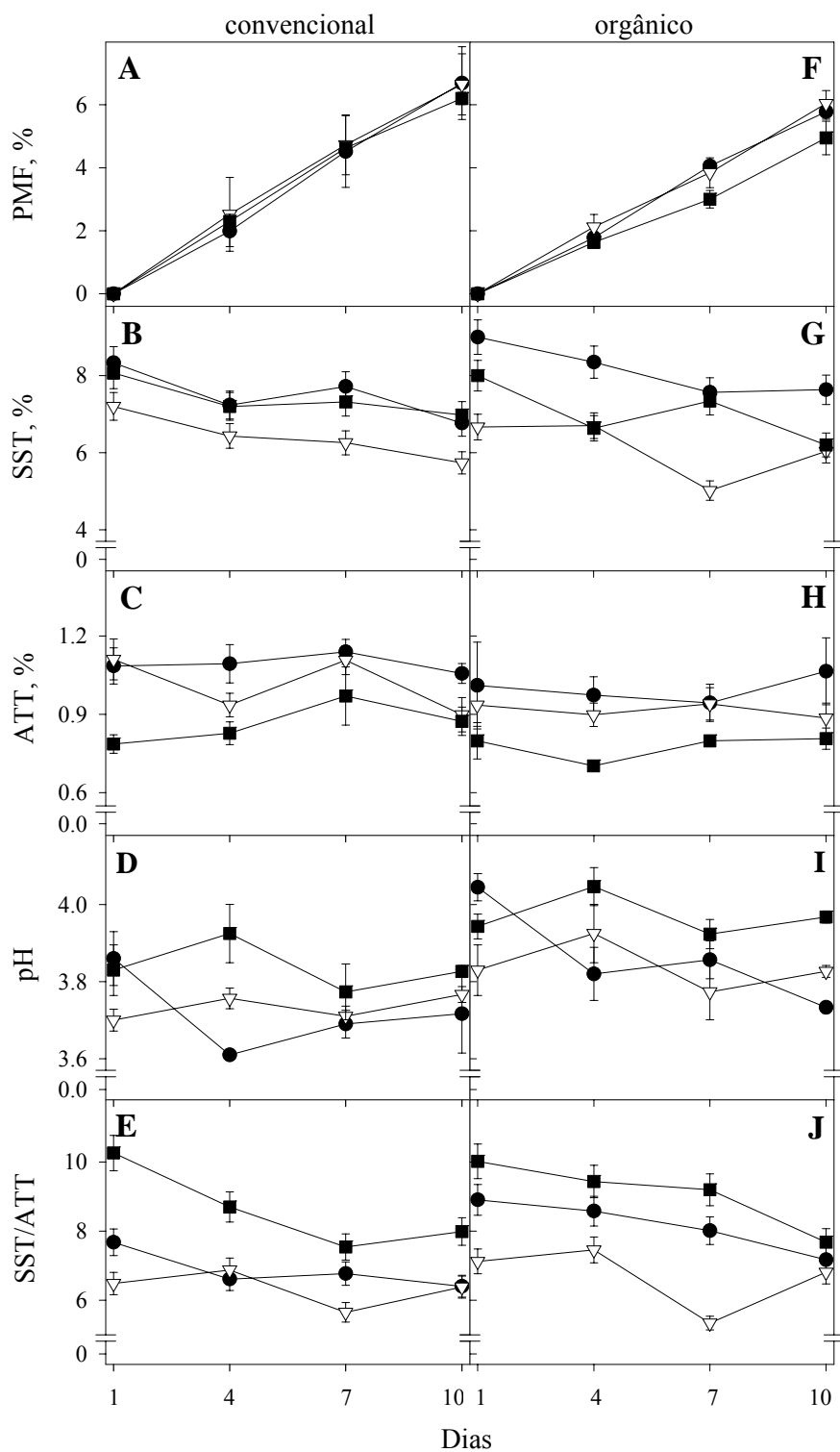


Figura 1. Perda de massa fresca, sólidos solúveis totais, acidez total titulável, pH e razão SST/ATT de morangos produzidos no sistema convencional e orgânico, cultivares Camarosa (—●—), Dover (—▽—) e Oso Grande (—■—), mantidos a $5 \pm 0,5$ °C, sob 90-95 % UR. As barras verticais representam o desvio padrão da média de 5 repetições com DMS igual a 5 %

No presente trabalho, um aspecto positivo consistiu nos valores acumulados da PMF que variaram em torno de 6 %, limite aceitável para a comercialização de morangos (Garcia *et al.*, 1998; Malgarim *et al.*, 2006), contribuindo no sentido de minimizar os efeitos indesejáveis à aparência, como enrugamento ou ressecamento próximo à região do pedicelo. A perda de massa acima de 10 % é suficiente para comprometer a aparência do morango, conferindo epiderme enrugada e sem brilho característico, a ponto de ser rejeitado pelo consumidor (Nunes *et al.*, 1995; Hernandez-Muñoz *et al.*, 2006). Morangos mantidos a 11 °C e 70 % UR tiveram maior PMF em relação àqueles mantidos a 1 °C (Terrazzan *et al.*, 2006). Morangos colhidos e submetidos ao resfriamento rápido, em câmara de ar forçado a 1 °C, por 1 h, reduziram em 50 % a PMF após conservação a 1 °C e 90-95 % UR, em comparação com aqueles que sofreram atraso no resfriamento rápido em 6 h, expostos a 30 °C (Nunes *et al.*, 1995).

Os teores de SST se reduziram com o prolongamento da conservação em todos os cultivares, independente do sistema de produção (Figura 1B e G). Tal redução pode ser atribuída, em parte, a mobilização de sólidos solúveis para a respiração, constituídos, principalmente, pelos açúcares (glicose, frutose e sacarose), ácidos orgânicos e pectinas solúveis (Atta-Aly, 2003; Pelayo-Zaldívar *et al.*, 2005).

Os teores de SST para Camarosa mostraram-se com os maiores valores, seguidos do Oso Grande e do Dover, mostrando a mesma tendência ao longo da conservação, independentemente do sistema de cultivo (Figura 1B e G). Ao final do período de conservação, Camarosa e Oso Grande convencional mais Camarosa orgânico mantiveram-se com teores de SST próximos ou acima do limite aceitável (7 %) para a comercialização de morango (Fernandes *et al.*, 2004).

Camarosa orgânico destacou-se com um teor de SST maior em média 8 % em relação os frutos oriundos do sistema convencional (Tabela 2). Já os cultivares Dover e Oso Grande tiveram teores de SST mais elevados no cultivo convencional, em torno de 6 e 5 %, respectivamente. Para Reyes *et al.* (1982) e John & Yamaki (1994), os níveis de açúcares que constituem o SST podem variar com o estágio de amadurecimento do morango, sendo o SST um bom indicador dos níveis de açúcares e uma característica específica do cultivar, das condições de cultivo e do manuseio pós-colheita (Haffner & Vestheim, 1997; Haffner, 2002; Resende *et al.*, 2008). Sob as mesmas condições de cultivo, alguns cultivares mostram-se com níveis maiores de

SST em relação a outros, resultado da suscetibilidade à diferença nutricional do solo (Sturm *et al.*, 2003; Macit *et al.*, 2007).

Independentemente do sistema de cultivo, o conteúdo de ATT dos morangos manteve-se praticamente constante durante a conservação, ou com variações mínimas (Figura 1C e H). Os valores variaram de acordo com o cultivar e com o sistema de produção, entre 0,7 e 1,1 % de ácido cítrico. O nível de ATT em morangos pode variar na faixa entre 0,6 e 2,3 % de ácido cítrico, sendo que os morangos com baixa acidez são saborosos e mais agradáveis (Cordenunsi *et al.*, 2003).

Foi possível registrar cerca de 10 % em diferença positiva da ATT para morangos convencionais, em ordem crescente, Camarosa, Dover e Oso Grande (Tabela 2). Essa diferença pode estar relacionada não somente ao sistema de produção, mas ao estágio de amadurecimento dos frutos durante a amostragem, na colheita. Observado por Krolow *et al.* (2007), quando avaliaram morangos cv. Aromas produzidos em sistema convencional ou orgânico, com maior ATT, em torno de 5 % a mais, dos morangos convencionais.

O cultivar Oso Grande mostrou-se com os maiores valores de pH seguido do Dover e do Camarosa durante a conservação, em todos os sistemas de cultivo. Houve um decréscimo do pH para Camarosa convencional e orgânico no 4º dia de conservação, mantendo-se praticamente constante a partir de então (Figura 1D e I). O valor de pH pode variar entre os cultivares, condições de cultivo e estágio de amadurecimento (Haffner, 2002; Krolow *et al.*, 2007).

Quanto à diferença percentual entre os sistemas de cultivos, verificou-se que Camarosa orgânico exibiu maior pH, seguido do Dover e Oso Grande orgânicos, com valores positivo próximo a 3 (Tabela 2). Maior efeito foi observado por Krolow *et al.* (2007), cerca de 8 % a mais no pH de morangos convencionais comparados com orgânicos.

Em condições comerciais, as diferenças nos valores de pH podem ser registradas no mesmo cultivar, haja vista que a maioria dos produtores tende a fazer a colheita antes mesmo do morango estar completamente maduro, com o intuito de que os morangos resistam até o momento de sua comercialização.

Os valores da razão SST/ATT foram maiores para o Oso Grande tanto no cultivo convencional como orgânico, variando de 10 para 8, do início até o final da conservação (Figura 1E e J). A razão SST/ATT no morango Camarosa variou de 8

para 6 no cultivo convencional, enquanto no cultivo orgânico essa variação foi 9 para 7, do dia um para os dez dias de conservação. Os morangos Dover mantiveram-se com razão SST/ATT praticamente constante durante a conservação, independentemente do sistema de produção. Essa variação possibilitou que os morangos amostrados fossem classificados quanto ao sabor, desde morangos com sabor bom (Camarosa e Oso Grande convencional ou orgânico) até insípido (Dover convencional ou orgânico). No final da conservação, o Camarosa convencional pôde ser classificado, quanto a frutos, de sabor insípido. Para Kader (1991), morangos com alto teor de SST e baixo nível de ATT resultam em maior razão SST/ATT e são os mais procurados no mercado.

Levando-se em consideração o limite para comercialização de morangos quanto aos níveis de SST (7 %) e de ATT (0,8 %) (Manning, 1993; Cordenunsi *et al.*, 2003) foi possível estabelecer um limite arbitrário para a razão SST/ATT, em torno de 8,75, com base nos valores de SST e ATT citados. Dessa forma, Oso Grande convencional manteve-se apto comercialmente até 4 dias de conservação, seguido do Camarosa e Oso Grande, orgânicos com 4 e 7 dias, respectivamente (Figura 1E e J).

Um comparativo entre convencional e orgânico, por cultivar, os maiores valores da razão SST/ATT foram atribuídos aos morangos orgânicos (Figura 1E e J; Tabela 2). Durante a conservação, Camarosa obteve maior amplitude diferencial, em torno de 15 % seguido do Oso Grande e Dover com 5 e 4 %, respectivamente (Tabela 2). Krolow *et al.* (2007), verificaram no cultivo orgânico de morango Camarosa cerca de 24 % a mais na razão SST/ATT, comparado aos morangos convencionais. Os fatores que podem interferir na razão SST/ATT são os mesmos mencionados para cada um dos constituintes: cultivar, condições de cultivo, estágio de amadurecimento e manuseio pós-colheita.

Um estudo realizado por Macit *et al.* (2007), comparando rendimento, qualidade e nutrição de morangos cultivados em sistema convencional e orgânico mencionou que diferentes fontes de nutrientes resultaram em disponibilidade distinta de alguns elementos minerais no solo para as plantas, principalmente o potássio (K), que mostrou efeito importante na qualidade dos frutos, com baixa ATT nos morangos cultivados em sistema orgânico. Já Sturm *et al.* (2003) destacaram as diferenças físicas e químicas em morangos com origens genética e geográfica distintas, especialmente para as características SST, ATT e a razão entre estes,

diretamente ligadas ao sabor do morango. Outra ênfase importante deve-se ao fato de que a maior ou menor aceitação de morangos pelo consumidor dependerá não somente dos açúcares, mais abundantes no SST e dos ácidos isolados, medidos pela ATT, mas, principalmente, do balanço entre eles. Comercialmente, o balanço entre SST/ATT funciona como índice de aceitabilidade e, portanto, como um indicador de qualidade (Manning, 1993).

Além das características físicas e químicas já discutidas, foi observado também o aspecto microbiológico quanto ao crescimento e desenvolvimento de fungos e leveduras, no morango convencional e orgânico, durante sua conservação. Neste estudo, a avaliação visual quanto à presença e ausência de fungos e leveduras não mostrou sinais ou sintomas de desenvolvimento desses microrganismos nos frutos dos cultivares estudados oriundos do sistema de produção convencional e nem daqueles provenientes do sistema de cultivo orgânico. Isso mostra que nas condições de trabalho, os morangos mantiveram a qualidade quanto à microbiologia, ao longo do período de conservação de 10 dias. Para o consumidor que busca no morango qualidade, sinais visíveis de deterioração são um inconveniente, principalmente quando os frutos se encontram infectados por fungos (Nadas *et al.*, 2003).

4. CONCLUSÕES

As avaliações físicas, químicas e microbiológicas foram suficientes para demonstrar a qualidade dos cultivares de morangos estudados quanto à aparência e ao sabor, quer sejam oriundos de cultivo convencional ou orgânico.

A perda de massa fresca foi similar em todos os cultivares ao longo da conservação, independentemente do sistema de cultivo. Os cultivares Camarosa e Oso Grande apresentaram os maiores teores de sólidos solúveis totais, em ambos os sistemas de produção. Por outro lado, os cultivares Dover e Oso Grande detiveram os maiores valores de acidez total em ambos os sistemas de cultivo.

5. LITERATURA CITADA

AGRO COMUNICAÇÃO Ltda. 2008, 01 de novembro. Morango: sabor que domina. Disponível em <http://www.revistacamponegocios.com.br/anteriores/06-08/index.php?referencia=capacnhf>

ATTA-ALY M. 2003. Harvest and postharvest deteriorating factors of Cucurbits and avoidance techniques: a review. *The Journal of Agricultural Investment* 1: 55-62.

AZODANLOU R; DARBELLAY C; LUISIER JL; VILLETAZ JC; AMADÒ R. 2004. Changes in flavour and texture during the ripening of strawberries. *European Food Research and Technology* 218: 167-172.

BOURN D; PRESCOTT J. 2002. A Comparison of the nutritional value, sensory qualities and food safety of organically and conventionally produced foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 42: 1-34.

CORDENUNSI BR; NASCIMENTO JRO; LAJOLO FM. 2003. Physico-chemical changes related to quality of five strawberry fruit cultivars during cool-storage. *Food Chemistry* 83:167-173.

DAROLT MR. 2003. Qualidade dos alimentos orgânicos. Disponível em <http://www.planetaorganico.com.br/daroltqualid.htm>. Acesso em 31 de outubro de 2008.

DAROLT MR. 2005. Morango: sistema orgânico apresenta viabilidade técnica, econômica e ecológica. Acesso em 29 de outubro de 2008. Disponível em <http://www.planetaorganico.com.br/darmorang.htm>

DAROLT MR. 2008, 31 de outubro. Morango orgânico: opção sustentável para o setor. Disponível em <http://www.revistacamponegocios.com.br/anteriores/03-08/index.php?referencia=acura>

FERNANDES C; SILVA MJ; PAIS I. 2004. Conservação e qualidade de morangos 'Camarosa' e 'Oso Grande' de plantas provenientes de diversos sistemas de produção. In: SIMPÓSIO IBÉRICO DE MATURAÇÃO E PÓS-COLHEITA, 4. *Anais...* Oeiras-Portugal: EAN/INIAP. p. 63-67.

- GARCÍA JM; MEDINA RJ; OLÍAS JM. 1998. Quality of strawberries automatically packed in different plastic films. *Journal of Food Science* 63: 1037-1041.
- HAFFNER K. 2002. Postharvest quality and processing of strawberries. *Acta Horticulturae* 567: 715-722.
- HAFFNER K; VESTRHEIM S. 1997. Fruit quality of strawberry cultivars. *Acta Horticulturae* 439: 325-332.
- HERNANDEZ-MUÑOZ P; ALMENAR E; OCIO MJ; GAVARA R. 2006. Effect of calcium dips and chitosan coatings on postharvest life of strawberries (*Fragaria x ananassa*). *Postharvest Biology and Technology* 39: 247-253.
- JOHN O; YAMAKI S. 1994. Sugar content, compartmentation, and efflux in strawberry tissue. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 119: 1024-1028.
- KADER AA. 1991. Quality and its maintenance in relation to the postharvest physiology of strawberry. In: LUBY JJ; DALE A (eds). *The strawberry into the 21st century*. Portland: Timber Press. p. 145-152.
- KROLOW AC; SCHWENGBER J; FERRI N. 2007. Avaliações físicas e químicas de morango cv. Aromas produzidos em sistema orgânico e convencional. *Revista Brasileira de Agroecologia* 2: 1732-1735.
- MACIT I; KOÇ A; GÜLER S; DELIGÖZ I. 2007. Yield, quality and nutritional status of organically and conventional-grown strawberry cultivars. *Asian Journal of Plant Sciences* 6: 1131-1136.
- MALGARIM MB; CANTILLANO RFF; COUTINHO EF. 2006. Sistemas e condições de colheita e armazenamento na qualidade de morangos cv. Camarosa. *Revista Brasileira de Fruticultura* 28: 185-189.
- MANNING K. 1993. Soft fruits. In: SEYMOUR GB; TAYLOR JE; TUCKER GA (eds). *Biochemistry of fruit ripening*. London: Chapman and Hall. p. 347-377.
- MITCHAM B. 1996. Quality assurance for strawberries: a case study. *Perishables Handling Newsletter* 85: 6-9.

- NADAS, A; OLMO, M; GARCÍA. 2003. Growth of *Botrytis cinerea* and strawberry quality in ozone-enriched atmospheres. *Journal of Food Science* 68: 1798-1802.
- NUNES MCN; BRECHT JK; MORAIS AMMB; SARGENT SA. 1995. Physical and chemical-quality characteristics of strawberry after storage are reduced by a short delay to cooling. *Postharvest Biology and Technology* 6: 17-28.
- PELAYO C; EBELER SE; KADER AA. 2003. Postharvest life and flavor quality of three strawberry cultivars kept at 5 °C in air or air +20 kPa CO₂. *Postharvest Biology and Technology* 27: 171-183.
- PELAYO-ZALDÍVAR C; EBELER SE; KADER AA. 2005. Cultivar and harvest date effects on flavor and other quality attributes of California strawberries. *Journal of Food Quality* 28: 78-97.
- PRASANNA V; PRABHA TN; THARANATHAN RN. 2007. Fruit ripening phenomena – An overview. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 47: 1-19.
- REN H; ENDO H; HAYASHI T. 2001. Antioxidative and antimutagenic activities and polyphenol content of pesticide-free and organically cultivated green vegetables using water-soluble chitosan as a soil modifier and leaf surface spray. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 81: 1426-1432.
- RESENDE JTV; CAMARGO LKP; ARGANDOÑA EJS; MARCHESE A; CAMARGO CK. 2008. Sensory analysis and chemical characterization of strawberry fruits. *Horticultura Brasileira* 26: 371-374.
- REYES FGR; WROLSTAD RE; CORNWELL CJ. 1982. Comparison of enzymic, gas-liquid chromatographic, and high performance liquid chromatographic methods for determining sugars and organic acids in strawberries at three stages of maturity. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists* 65: 126-131.
- RYAN JJ; DUPONT JA. 1973. Identification and analysis of the major acids from fruit juices and wines. *Journal Agricultural and Food Chemistry* 21: 45-49.

STERTZ S C. 2004. *Qualidade de hortícolas convencionais, orgânicas e hidropônicas produzidas e/ou comercializadas na Região Metropolitana de Curitiba, Paraná*. Curitiba: UFPR. 283p (Tese doutorado).

STURM K; KORON D; STAMPAR F. 2003. The composition of fruit of different strawberries varieties depending on maturity stage. *Food Chemistry* 83: 417-422.

TERRAZZAN P; DEL AGUILA JS; HEIFFIG LS; KLUGE RA. 2006. Physicochemical characterization of refrigerated strawberries from conventional and organic crop systems. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* 8: 33-37.

CAPÍTULO II

Desenvolvimento de fluxograma operacional para o processamento mínimo de morango

RESUMO

O objetivo do trabalho foi estudar as mudanças físicas, químicas, fisiológicas e microbiológicas durante o desenvolvimento de um fluxograma para o processamento mínimo de morango. Morangos Camarosa, Dover e Tudla amostrados na UFV foram submetidos à seleção, classificação por cor ($\frac{3}{4}$ vermelho) e removidos cálice e pedicelo. Na sequência, foram avaliadas as etapas operacionais do processamento: temperatura de trabalho, ambiente (22 ± 2 °C) ou de resfriamento rápido em água com gelo (5 ± 1 °C); sanitização, por imersão em solução aquosa de cloro orgânico; drenagem, por exposição à atmosfera de processamento; corte, em metades; e conservação em bandeja de poliestireno expandido envolvidos com PVC ($11\mu\text{m}$) e mantidos a $5\pm 0,5$ °C sob 90-95% UR, durante 6 ou 8 dias. A remoção do cálice dos morangos não resultou em diferenças significativas para as características físicas e químicas estudadas de massa fresca, sólidos solúveis, acidez titulável, pH e razão SST/ATT. Independente da temperatura, os morangos sanitizados e mantidos inteiros

apresentaram menor extravasamento de eletrólitos, no entanto, na conservação, o extravasamento entre frutos inteiros e cortados foi similar. A sanitização dos morangos por imersão em solução de 200 e 400 mg L⁻¹ de cloro, por 30 segundos, foi efetiva em retardar o crescimento de fungos filamentosos e de leveduras, até os 6 dias de conservação refrigerada. A drenagem por 20 minutos nos morangos sanitizados e enxaguados, por 30 segundos foi eficiente, com perda de praticamente toda a água livre na superfície dos frutos. Morangos submetidos ao resfriamento rápido com água e gelo, 5±1 °C apresentaram menor taxa respiratória em relação aos morangos colhidos a 22±2 °C. O efeito das etapas operacionais, logo após o processamento mínimo e do tempo de conservação dos morangos minimamente processados, não foi drástico sobre os teores de vitamina C, antocianinas e compostos fenólicos, tanto nos frutos inteiros quanto nos cortados. Isso mostra que, o processamento mínimo de morango pode ser uma alternativa potencial, sem haver perda drástica na qualidade visual e nutricional. O fluxograma proposto para o processamento mínimo do morango foi feito a partir das etapas de resfriamento rápido com água e gelo, remoção do cálice e pedicelo, seguido da sanitização, enxágue, drenagem, corte e conservação a 5±0,5 °C, sob 90-95 % UR.

Palavras-chave: Prontos para consumo, Remoção do cálice, Sanitização e drenagem.

1. INTRODUÇÃO

São poucos os trabalhos que direcionam os estudos para a definição e, ou documentação dos variados tipos de estresses que ocorrem no preparo, embalagem e conservação das frutas e hortaliças minimamente processadas (Hodges & Toivonen, 2008). Estudo realizado por Gil *et al.* (2006), descreveu a perda de vida útil de frutas e hortaliças minimamente processadas, dentre elas, o morango, em relação àquelas mantidas intactas a 5 °C, avaliadas pela aparência, nível de compostos fenólicos e qualidade nutricional (vitamina C). Em alface, foi verificada oxidação pela polifenoloxidase dos polifenóis acumulados, resultando no escurecimento do tecido cortado (Ke & Saltveit, 1989). Em cenoura minimamente processadas, após o processamento foi observado acúmulo de material lignificado nas células adjacentes à região de corte (Howard & Griffin, 1993). Às vezes, os destaques são para os indicadores de estresse de caráter abiótico, focalizados nos sintomas que induzem mudanças físicas e, ou fisiológicas nas frutas e hortaliças minimamente processadas (Hodges & Toivonen, 2008). Geralmente, o estresse abiótico pode ter origem a partir das alterações provocadas por algum fator ambiental, sendo esse tipo de estresse potencialmente desfavorável ao organismo vivo (Lester, 2003).

O processamento mínimo resulta da alteração física de uma fruta ou hortaliça, a partir de operações de seleção, lavagem, classificação, descascamento, corte ou fatiamento, sanitização, enxágue, drenagem, embalagem e refrigeração realizadas de modo a obter-se um produto fresco e sem necessidade de preparo subsequente (Puschmann *et al.*, 2006; Moretti, 2007). Essas operações são responsáveis pelas imediatas e subseqüentes respostas físicas, químicas, fisiológicas e microbiológicas como a desestruturação celular do tecido, resultando no aumento de processos metabólicos que culminam na perda do brilho natural (Calegari *et al.*, 2002), perda de massa fresca ou desidratação (Piagentini *et al.*, 2002), aumento da taxa respiratória e evolução de etileno (Aguayo *et al.*, 2004), ruptura de membranas celulares (Hodges *et al.*, 2000), perda de pigmentos (Bhagwat *et al.*, 2004), declínio nos níveis de compostos nutricionais como ácido ascórbico (Gil *et al.*, 2006), alteração no sabor e firmeza (Lamikanra & Richard, 2002) ou desenvolvimento de odores estranhos (Beaulieu, 2006), além da atividade de enzimas envolvidas no escurecimento.

O morango é constituído de um tecido delicado e extremamente perecível. Apreciado, principalmente por sua cor, sabor e aroma característicos. O fruto, não-climatérico, dispõe de elevada taxa respiratória, teores elevados de umidade (90 %) e açúcares como glicose 4 %, frutose 5 % e sacarose 0,9 % (Souza *et al.*, 1999; Malgarim *et al.*, 2006; Prasanna *et al.*, 2007), substrato ideal para a proliferação de microrganismos, fungos e leveduras (Sanz *et al.*, 1999; Souza *et al.*, 1999). Devido à suscetibilidade, o morango ocupa muita mão-de-obra, sendo uma cultura de expressiva importância econômica e social (Castro *et al.*, 2003; Balbino & Marin, 2004).

Os sinais visíveis de deterioração por microrganismos em morangos são um inconveniente quando o consumidor busca um produto de ótima qualidade. Algumas pesquisas apontam que o principal fator limitante da qualidade do morango é a infecção por fungos como o *Botrytis cinerea* que, dentre outros, prolifera em ambiente úmido e ataca o fruto em qualquer estágio de amadurecimento, sendo mais evidente na colheita e pós-colheita (Hertog *et al.*, 1999; Souza *et al.*, 1999; Nadas *et al.*, 2003).

O crescimento de microrganismos nos produtos minimamente processados pode ser controlado com o emprego de matéria-prima de qualidade, com sanitização e drenagem adequada e com o uso de baixas temperaturas (Del Aguila *et al.*, 2006). A sanitização dos produtos minimamente processados, inteiros ou cortados, tem a função de manter sua qualidade, reduzindo o número de microrganismos (Oliveira & Valle, 2000). Daí, a importância de adequar a concentração e o tempo de exposição do produto durante a sanitização (Sant'ana *et al.*, 2002). Assim como a sanitização, a drenagem deve ser definida a fim de remover o excesso de água na superfície das frutas inteiras e de água ou suco celular nas frutas cortadas. No caso do morango, a drenagem evita acúmulo de resíduo líquido na superfície e no interior das embalagens, prevenindo o crescimento e o desenvolvimento de microrganismos, fungos e leveduras.

Em geral, no processamento mínimo de frutas muito perecíveis como morango, não se recomenda imersão em solução aquosa. No entanto, Costa *et al.* (2006ab) mostraram que morangos processados inteiros ou cortados, sanitizados em solução aquosa com cloro orgânico e conservados a 5 °C, sob 90-95 % UR, obtiveram vida útil de até 8 dias.

Um produto minimamente processado de qualidade e seguro à saúde exige estratégias, métodos ou técnicas adequadas que englobam conhecimento multidisciplinar, permitindo compreender os processos físicos, químicos e, ou fisiológicos envolvidos no mecanismo de adaptação do tecido vegetal frente aos mais variados tipos de estresses durante o processamento, como sanitização, enxágue, drenagem e, ou corte.

No caso do morango, quando minimamente processado, acredita-se que seja mais perecível em comparação ao tecido intacto e, portanto, torna-se importante que estudos sejam conduzidos enfocando alguns dos indicadores de qualidade de caráter físico, nutricional e, ou funcional. O morango minimamente processado de qualidade deve dispor de aparência fresca e consistente, cor atrativa, sabor e aroma característicos, além de manter os níveis de compostos nutricionais, como a vitamina C.

Pelo exposto, o objetivo do trabalho foi estudar as mudanças físicas, químicas, fisiológicas e microbiológicas durante o desenvolvimento de um fluxograma para o processamento mínimo de morango.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção da matéria-prima

Morangos cultivares Camarosa, Dover e Tudla produzidos em casa de vegetação, na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa – UFV foram colhidos nas primeiras horas da manhã (até as 8:00 h) em bandejas plásticas, com o máximo de 2,5 kg de frutos por bandeja e conduzidos para a unidade de processamento mínimo de frutas e hortaliças da UFV, onde foram amostrados e selecionados por cor ($\frac{3}{4}$ vermelho) e por danos, frutos deteriorados, defeituosos ou com ataque de pragas.

2.2 Adequação do fluxograma de processamento mínimo

- Remoção do cálice do morango

Morangos Dover obtidos no mercado de Viçosa e conduzidos ao laboratório foram amostrados e separados em dois lotes, frutos com e sem cálice, acondicionados em bandeja PET (177x122x40 mm), sem tampa, e envolvidos com filme comercial de cloreto de polivinila (PVC, 15 μm). Em seguida, os frutos foram mantidos em expositor vertical com circulação de ar forçado (Metalfrio), à temperatura de $5\pm 0,5$ °C, sob 90-95 % UR. As análises físicas e químicas foram realizadas conforme item 2.2 (Capítulo I), a partir do dia 1 após a colheita, seguidas de avaliações a cada 3 dias, até os 13 dias.

- Sanitização

Os morangos foram submetidos à imersão em solução aquosa de cloro orgânico (Sumaveg[®]) a 5 ± 1 °C, nas concentrações de 0,5; 200 e 400 mg L⁻¹, seguida do enxágue com 5 mg L⁻¹ de cloro orgânico, a 5 ± 1 °C. Foram estudados, também, os tempos de sanitização de 30 segundos, 5 e 10 minutos para uma concentração fixa de sanitizante. Para determinar a concentração e o tempo de sanitização foram utilizados morangos Tudla acondicionados em bandeja de poliestireno expandido 150x150x18 mm, envolvidos com filme comercial de cloreto de polivinila (PVC, 11 μm) e mantidos em expositor vertical com circulação de ar forçado (Metalfrio) a $5\pm 0,5$ °C, sob 90-95 % UR. Morangos recém-colhidos em temperatura ambiente de 22 ± 2 °C e não sanitizados foram utilizados para compor o controle experimental.

- Drenagem

Após as etapas de sanitização e enxágue, morangos Dover e Tudla foram submetidos aos tempos de drenagem por 20, 40 e 120 minutos, em bandejas perfuradas na temperatura ambiente de processamento, 18 ± 2 °C e 85 ± 5 % UR.

- Corte

Em seguida à etapa de drenagem, metade dos morangos foi submetida ao corte (em metades, no sentido longitudinal) com auxílio de lâminas afiadas e a outra parte, com frutos inteiros. Inteiros ou cortados, os morangos foram embalados em bandejas de poliestireno expandido, envolvidos com filme comercial de cloreto de polivinila (PVC, 11 μm) e submetidos às condições de conservação citadas no processamento mínimo da matéria-prima até o momento das análises. Os frutos cortados foram posicionados com a região de corte voltada para a bandeja.

2.3 Conservação do morango minimamente processado

Após o processamento mínimo, os morangos foram acondicionados em bandeja de poliestireno expandido com 150x150x18 mm, e envolvidos com filme comercial de cloreto de polivinila (PVC) 11 μm , mantidos em expositor vertical com circulação de ar forçado (Metalfrio) a 5°C sob 90-95 % UR, durante 6 ou 8 dias de conservação.

2.4 Extravasamento de eletrólitos

Curva de extravasamento de eletrólitos

Para estimar o extravasamento de eletrólitos descrito por Simon (1977) e adaptado para morango, foi determinado o tempo adequado de extravasamento do suco celular com auxílio de uma curva de extravasamento utilizando tecidos removidos da região equatorial dos frutos. As frações de tecido epidérmico + polpa foram incisadas com auxílio de lâminas afiadas nas dimensões de 5 mm² por 2 mm de espessura, perfazendo cerca de 2 g de tecido por amostra. Os tecidos foram transferidos para recipientes de vidro (170 mL) contendo 40 mL de água desionizada. Em seguida, os frascos foram fechados e, a cada 1 h, durante 4 h, foram tomadas as leituras de extravasamento por meio de um condutivímetro portátil CD-850. Após esse tempo, os frascos + tecidos foram submetidos a 8 sessões de 30 segundos, em forno de microondas (Eletrolux - ME 28S). Entre cada sessão, a porta do microondas

era aberta durante 30 segundos, a fim de evitar que a solução + tecidos transbordassem. O extravasamento de eletrólitos foi estimado e expresso em porcentagem conforme Stuart (1939), a partir da equação:

$$E_{\%} = \left[\left(\frac{E_{4h}}{E_t} \right) \times 100 \right], \text{ em que:}$$

$E_{\%}$ = extravasamento de eletrólitos, %;

E_{4h} = extravasamento de eletrólitos em 4 h; e

E_t = extravasamento de eletrólitos total.

Morangos Camarosa foram utilizados para estimar o extravasamento de eletrólitos nas seguintes etapas de processamento mínimo:

- Sanitização

Os morangos foram colhidos e amostrados em dois lotes: um lote na temperatura ambiente de 22 ± 2 °C, mantidos não sanitizados; e outro lote submetido ao resfriamento rápido por imersão em água com gelo mais 200 mg L^{-1} de cloro, até 5 ± 1 °C (sanitizados), por cerca de 15 minutos.

- Corte

Após a drenagem, os morangos foram amostrados em inteiros ou cortados. Em cada lote, os morangos foram separados por temperatura de trabalho: ambiente, 22 ± 2 °C e após o resfriamento rápido em água com gelo mais 200 mg L^{-1} de cloro, até 5 ± 1 °C, por cerca de 15 minutos.

2.5 Contagem padrão de fungos filamentosos e leveduras

Procedeu-se à contagem padrão de fungos filamentosos e leveduras por meio da técnica de espalhamento em superfície, inoculando-se uma alíquota de 0,1 mL das diluições 10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3} em triplicatas de placas contendo Agar, batata e dextrose – BDA (Oxoid®), acidificado com ácido tartárico a 10 % esterilizado, pH 3,5 e incubação a 25 °C, por 5 a 7 dias (Beuchat e Cousin, 2001). O resultado foi expresso em logaritmo de Unidades Formadoras de Colônias (UFC) por grama de massa fresca. A análise microbiológica foi realizada ao longo do período de conservação conforme delineamento experimental.

2.6 Quantidade de água livre

A água livre nos morangos submetidos aos tempos de drenagem foi determinada por gravimetria, em balança de precisão de 0,01 g e os resultados expressos em porcentagem (%) de água livre na superfície dos morangos, estimada a partir das diferenças de massas nas etapas antes da sanitização e após as etapas de sanitização, enxágue e drenagem dos morangos.

2.7 Quantificação do dióxido de carbono

- Procedimento de amostragem e leitura

Para a avaliação da produção de dióxido de carbono (CO₂) foram utilizados morangos Camarosa, Dover e Tudla minimamente processados inteiros ou cortados e os controles, não sanitizados ou sanitizados. Para tanto, cinquenta gramas de morangos, inteiros ou cortados, foram transferidos para frascos de 170 mL, hermeticamente fechados, e mantidos em meio ambiente, a 22±2 °C ou refrigerado, a 5±0,5 °C. Para identificar o tempo adequado de amostragem gasosa foram utilizadas os pontos 0; 0,5; 1; 2; 4; 8 e 12 h, a fim de confeccionar uma curva de acúmulo para dióxido de carbono de morangos não sanitizados, inteiros ou cortados.

Para quantificar o dióxido de carbono, foram utilizados os procedimentos adotados por Costa (2005), em que alíquotas de 1,0 cm³ foram coletadas da atmosfera dos frascos, com auxílio de seringas descartáveis *ultra-fine* (agulhas 29 G1/2"). As amostras foram injetadas em cromatógrafo a gás GC-14B (Shimadzu, Kyoto), equipado com detector de condutividade térmica e coluna preenchida com Porapak-Q. O gás de arraste foi o nitrogênio, com fluxo de 30 cm³ min⁻¹ e corrente elétrica de 85 mA. As temperaturas da coluna, do injetor e do detector foram de 40, 100 e 180 °C, respectivamente. A quantificação do dióxido de carbono foi feita comparando-se as áreas das amostras com as áreas de uma mistura padrão de dióxido de carbono de concentração conhecida. A taxa respiratória foi expressa em mmol CO₂ kg⁻¹ MF h⁻¹.

2.8 Extrações de amostras para análises de vitamina C, antocianinas e compostos fenólicos

A extração do suco celular para amostragem foi feita com o auxílio de uma centrífuga doméstica extratora de suco e um multiprocessador Comfort CE55 -

WALITA[®]. O suco obtido foi filtrado em 4 camadas de gaze, e o filtrado utilizado para determinar os teores de vitamina C, antocianinas e compostos fenólicos totais conforme a descrição de quantificação para cada característica. As análises foram realizadas para cada dia de avaliação, durante sua conservação.

2.9 Vitamina C

O teor de vitamina C foi determinado pelo método colorimétrico com o 2,4-dinitrofenilhidrazina (DNPH), segundo Strohecker & Henning (1967), adaptado por Costa (2002). Cerca de 2 g de amostra fresca foi diluída em balão volumétrico de 100mL com ácido oxálico 0,5 %, com agitação periódica, durante 5 minutos. Em seguida, filtraram-se cerca de 20 mL da solução com papel filtro em um tubo de ensaio de 50 mL. O filtrado foi clarificado com 300 µg de carvão ativo ou kiesselgur e deixado em repouso por 15 minutos. Para um outro tubo de ensaio de 20 mL, foram transferidos 400 µL da amostra clarificada junto com 3,6 mL de ácido oxálico 0,5 %, 60 µL de 2,6-diclorofenolindofenol (DFI) a 0,2 %, 1,0 mL de 2,4-dinitrofenilhidrazina (DNPH) a 2 % e 20 µL de tiouréia a 10 %. Após adição da tiouréia, a reação ocorreu em banho-maria fervente por 10 minutos. Decorrido o tempo de reação, acrescentaram-se lentamente 5 mL de ácido sulfúrico 85 % com repouso por mais 10 minutos. A curva padrão foi preparada utilizando-se ácido ascórbico, as leituras de absorvância obtidas em espectrofotômetro (Hitachi U-2000) a 520 nm e os resultados expressos em mg 100 g⁻¹ de massa fresca.

2.10 Antocianinas

O teor de antocianinas totais foi determinado pelo método diferencial de pH descrito por Giusti & Wroslet (2001) com adaptações para morango. O método baseia-se em dois sistemas de tampão: cloreto de potássio 0,025 M, pH 1,0 e acetato de sódio, 0,4 M pH 4,5. Para cada sistema tamponado, utilizaram-se 5 mL de tampão mais 200 µL de extrato de morango, a fim de obter leituras de absorvância entre 0,100-1,200. As leituras foram realizadas nos comprimentos de onda máximo do visível ($A_{\lambda_{\text{máx. vis.}}}$) de 497 nm e a 700 nm, em espectrofotômetro modelo Hitachi U-2000. A diferença de absorvância (ΔA) entre os sistemas de tampões foi calculada por meio da equação:

$$\Delta A = (A_{\lambda_{\text{máx. vis.}}} - A_{700\text{nm}})_{\text{pH } 1,0} - (A_{\lambda_{\text{máx. vis.}}} - A_{700\text{nm}})_{\text{pH } 4,5}$$

A concentração de pigmentos antociânicos foi feita com base no volume de extrato e na massa da amostra, a partir da antocianina mais abundante no morango (pelargonidina-3-glicosídeo), segundo a equação:

$$At = \frac{(\Delta A \times PM \times f \times 100)}{(\varepsilon \times 1)}, \text{ em que:}$$

At = antocianinas, mg 100g⁻¹ de massa fresca;

ΔA = diferença de absorvância, (A_{pH1,0} - A_{pH4,5});

PM = peso molecular da pelargonidina-3-glicosídeo, 451,2;

f = fator de diluição para o morango, 25x; e

ε = coeficiente de absorvância molar, 15600.

2.11 Compostos fenólicos totais

Os compostos fenólicos totais foram estimados a partir do método de Folin & Ciocalteu descrito por Waterhouse (2006), por meio da mistura de 25 μL do suco filtrado de morango com 1.575 μL de água destilada e 100 μL do reagente Folin-Ciocalteu, seguido de agitação e repouso por 5 minutos. Após o tempo de reação foram acrescentados 30 μL de carbonato de sódio 20 %, seguido de nova agitação e repouso em banho-maria a 40 °C, por 30 minutos. Após a reação da mistura dos ácidos fosfowolfrâmico e fosfomolibdico, em meio básico, estes se reduzem ao oxidar os compostos fenólicos, originando óxidos azuis de wolfrâmio (W₈O₂₃) e molibdênio (Mo₈O₂₃). A curva padrão foi preparada utilizando-se ácido gálico, as leituras realizadas a 765 nm e os resultados expressos em equivalente do ácido gálico (EAG) mg 100g⁻¹ de massa fresca.

2.12 Análise estatística

Os morangos foram distribuídos em delineamento inteiramente ao acaso perfazendo os seguintes arranjos experimentais:

- I. Nos morangos com ou sem cálice aplicou-se fatorial 2 x 5 (morangos com ou sem cálice x tempo de conservação 1, 4, 7, 10 e 13 dias);
- II. Concentração de sanitização, fatorial 3 x 5 (concentração de sanitizante - 0, 200 e 400 mg L⁻¹ x tempo de conservação - 0, 2, 4, 6 e 8 dias);
- III. Tempo de sanitização, fatorial 3 x 3 (tempo de sanitização - 30 segundos, 5 e 10 minutos x tempo de conservação - 0, 3 e 6 dias);

- IV. Tempo de drenagem para o processamento, fatorial 3 x 2 (tempo de drenagem - 20, 40 e 120 minutos x cultivares - Dover e Tudla);
- V. Dióxido de carbono em morangos sanitizados ou não, fatorial 3 x 2 x 2 (cultivares - Camarosa, Dover e Tudla x temperatura - ambiente, 22 ± 2 °C e resfriamento rápido, 5 ± 1 °C X sanitização - não sanitizado e sanitizado);
- VI. Dióxido de carbono em morangos inteiros ou cortados, fatorial 3 x 2 x 2 (cultivares - Camarosa, Dover e Tudla x temperatura - ambiente, 22 ± 2 °C e resfriamento rápido, 5 ± 1 °C x morangos - inteiro e cortado);
- VII. Vitamina C, fatorial 2 x 2 (cultivar - Dover e Tudla x morangos - inteiro e cortado);
- VIII. Antocianinas e compostos fenólicos, fatorial 2 x 2 (cultivar - Camarosa e Dover x morangos - inteiro e cortado); e
- IX. Para os morangos conservados, na estimativa do extravasamento de eletrólitos utilizou-se o fatorial 2 x 4 (morangos Camarosa inteiro ou cortado x tempo de conservação - 0, 2, 4 e 6 dias); na vitamina C, fatorial 2 x 2 x 5 (cultivar - Dover e Tudla x morango inteiro ou cortado X tempo de conservação - 0, 2, 4, 6 e 8 dias); antocianinas e compostos fenólicos foi aplicado o mesmo arranjo fatorial da vitamina C, substituindo o cultivar Tudla por Camarosa.

Os cultivares e o número de repetição destinado a cada arranjo experimental foram limitados pela quantidade de matéria-prima, com um mínimo de 3 repetições, e a unidade experimental foi composta de uma bandeja com 150 g de produto. No fatorial de avaliação dos morangos com ou sem cálice, foram utilizados 300 g de morango por bandeja.

Os dados foram submetidos à análise de variância com auxílio do programa de computação SAEG 9. Foi aplicado o teste F para avaliação da significância, com posterior aplicação do teste de Tukey, em nível de 5 % de probabilidade, quando pertinente. Para o extravasamento de eletrólitos e o crescimento de microrganismos utilizou-se estatística descritiva seguida do desvio padrão da média e diferença mínima significativa (DMS) de 5 %.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Conservação do morango após a remoção do cálice

Quanto ao efeito da retirada do cálice, formado pelas brácteas do morango, constatou-se que nenhum efeito significativo foi verificado para as características estudadas de massa fresca, SST, ATT, pH e razão SST/ATT, quando se comparam os frutos com e sem cálice, por dia de análise (Tabela 1). Mas houve efeito significativo para massa fresca, SST, pH e razão SST/ATT com o decorrer do tempo de conservação.

Tabela 1. Valores médios de perda de massa fresca (PMF), sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT), potencial hidrogeniônico (pH) e razão SST/ATT de morangos Dover, com e sem cálice, oriundos do mercado de Viçosa-MG e conservados a $5\pm 0,5$ °C, sob 90-95 % UR

Dias	PMF, %		SST, %		ATT, %		pH		SST/ATT	
	com	sem	Com	sem	Com	sem	com	sem	com	sem
1	0,00 e		7,3 a		0,69 a		3,17 c		10,6 a	
4	0,27 d		6,6 b		0,71 a		3,35 b		9,7 b	
7	0,42 c		6,8 b		0,68 a		3,37 b		9,6 b	
10	0,59 b		6,6 b		0,65 a		3,89 a		9,4 b	
13	0,78 a		6,3 b		0,64 a		3,94 a		9,3 b	
CV,	9,5		4,9		4,8		4,9		1,8	

Nas linhas, não houve diferença significativa e na coluna, as médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade. CV = Coeficientes de variação

Ao final dos 13 dias de conservação, foi registrada perda de massa fresca acumulada de apenas 0,78 % em morangos com ou sem cálice (Tabela 1). Esse valor foi baixo devido ao tipo de embalagem, bandeja PET envolvida com filme comercial de PVC (15 μ m), funcionando como barreira física à perda de vapor d'água. Ademais, o uso de temperatura baixa, $5\pm 0,5$ °C, e de umidade relativa alta, 90-95 %, foi essencial para reduzir a perda de massa dos frutos. Acredita-se que a presença do cálice acelere a perda de água do conjunto cálice + pseudofruto, por elevar a taxa de transpiração (comunicação pessoal). Contudo, no presente trabalho, a contribuição na perda de massa fresca nos morangos Dover foi mínima, principalmente com o tempo de conservação (Tabela 1). Esse comportamento observado para o morango Dover não pode ser adotado como regra geral, visto que, além dos fatores citados como temperatura, umidade relativa e embalagem, o cultivar pode apresentar também

variação na perda de massa em função do tamanho do cálice. Numa comparação visual, os morangos Camarosa e Oso Grande destacam-se por disporem de brácteas maiores em relação ao Dover (dados não mostrados). Tal diferença morfológica pode resultar em diferença entre os cultivares, com a predisposição do conjunto cálice + pseudofruto em perder água.

Em geral, os morangos são destinados ao consumo *in natura*, sendo colhidos, preferencialmente, com o cálice e livre de sujidades e contaminações (Haffner, 2002; Cantillano, 2004). No caso da indústria, os morangos podem ser utilizados com ou sem cálice. Quando colhido com cálice, essa estrutura deverá ser removida (Cantillano, 2004; Castro, 2004).

Nos morangos *in natura*, o cálice deve estar túrgido, limpo e verde para indicar condição de frescor, o que os torna mais atrativos (Haffner, 2002). A cor verde do cálice, na maioria das vezes, é considerada, por produtores e consumidores, uma característica de qualidade desejável como em berinjelas, em que o cálice é usado como um indicador de qualidade por produtores e consumidores, dessa hortaliça (Moretti & Pineli, 2005).

O teor de SST manteve-se praticamente constante ao longo do período de conservação, com valores variando de 7,3 e 6,4 %, com maior decréscimo no segundo dia de análise, a partir do qual o SST se manteve constante até os 13 dias (Tabela 3). O teor de SST é de interesse para morangos comercializados principalmente *in natura*, pois o mercado consumidor prefere frutos doces (Conti *et al.*, 2002; Fumis *et al.*, 2003).

Houve aumento no pH dos morangos, com e sem cálice, durante a conservação, variando de 3,17 a 3,94 (Tabela 3). Segundo Fumis *et al.* (2003), os morangos do cultivar Dover são mais ácidos e menos adocicado, com sabor azedo. Os principais ácidos presentes no morango, cítrico e málico, podem afetar diretamente o sabor, sendo também importantes no processamento, pois podem afetar a perda de sabor e as propriedades de geleificação das pectinas (Cordenunsi *et al.*, 2002; Cantillano, 2004). Por outro lado, os ácidos regulam o pH celular e podem influenciar na coloração do morango, conteúdo de antocianinas (Cordenunsi *et al.*, 2002; Fumis *et al.*, 2003).

A razão estimada entre SST e ATT diminuiu no segundo dia de análise, com valores variando de 10,6 a 9,3 para os tratamentos e se manteve praticamente constante até os 13 dias de conservação (Tabela 3). No entanto, os morangos

mostraram-se com razão SST/ATT acima do mínimo exigido comercialmente, 8,75, indicando que os frutos se encontravam doces e com baixa acidez.

3.2 Repostas do morango à sanitização, à drenagem, ao corte e à temperatura

a) Extravasamento de eletrólitos

A definição do tempo adequado para estimar o extravasamento de eletrólitos foi possível por meio da montagem de uma curva de extravasamento adaptada para o morango (Figura 1), sendo o tempo de 4 h o mais indicado para estimar o extravasamento de eletrólitos em morangos inteiros, não sanitizados, independente do cultivar. O cultivar Dover mostrou maiores valores de extravasamento ao longo do tempo de 4 h, variando de 41 a 54 %, seguido do Tudla (30 a 45 %) e do Camarosa (29-30). Isso mostra que a sensibilidade do tecido quanto a essa característica é variável com o cultivar.

A taxa relativa de crescimento em volume do morango durante sua formação é resultado da divisão ou preenchimento das células, ou ainda da ação conjunta desses dois fatores. A contribuição em quantidade de cada um dos fatores, divisão ou preenchimento celular, é uma característica da espécie e algumas vezes da variedade ou cultivar. Portanto, as diferenças genéticas entre certos cultivares de morangos podem ser influência do padrão de desenvolvimento estrutural do tecido durante sua formação (Havis, 1943), o que certamente influencia na resistência mecânica do tecido vegetal frente aos diversos tipos de estresse a que esse tecido possa eventualmente ser submetido. Acredita-se que morangos que detêm em sua constituição morfológica um maior número de células com diâmetro menor são estruturalmente mais resistentes (Havis, 1943), possivelmente menos sensíveis às adversidades do manuseio durante a colheita ou ao tratamento pós-colheita.

Variações na percentagem de eletrólitos extravasados foram encontradas em ameixa, banana, maçã, melão, tomate e uva com valores oscilando entre 10 e 35 % na curva de acúmulo durante 3 horas (Simon, 1977). O autor atribui essa variação à diferença na constituição morfológica de cada fruta, sendo que frutas com células mais suculentas são mais sensíveis a qualquer condição hipotônica. Em dez genótipos de frutos de pimenta a 4 °C, por 4 dias, verificou-se que o extravasamento de íons e o nível de lipídeos na membrana plasmática variaram e estão associados à

característica de qualidade pós-colheita, como a perda de água do tecido (Maalekuu *et al.*, 2006).

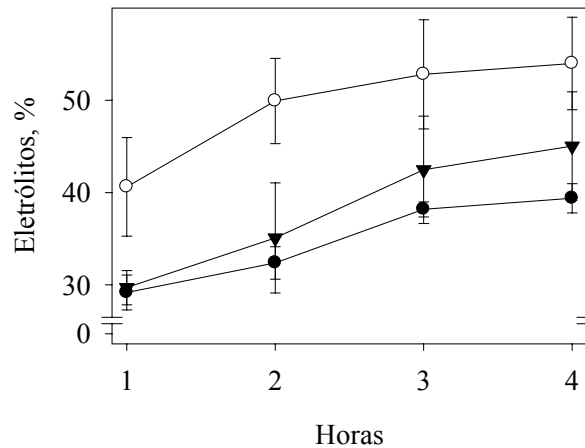


Figura 1. Curva de extravasamento de eletrólitos dos morangos Camarosa (●), Dover (○) ou Tudla (▼) inteiros, não sanitizados, mantidos em temperatura ambiente, 22 ± 2 °C. As barras verticais representam o desvio padrão da média de 3 repetições com DMS igual a 5 %

O valor estimado no extravasamento de eletrólitos em morangos colhidos na temperatura ambiente (22 ± 2 °C) e não sanitizados inteiros foi maior cerca de 3 %, em relação aos morangos sanitizados (Figura 2). Nos morangos colhidos e submetidos imediatamente ao resfriamento rápido em água com gelo (5 ± 1 °C), a diferença no extravasamento foi de 1 %. Fazendo-se um comparativo entre os morangos não sanitizados na temperatura ambiente e aqueles resfriados rapidamente verificou-se uma diferença próxima a 4 %, enquanto nos morangos sanitizados a diferença caiu para 1,5 %. Entre os morangos não sanitizados, os sanitizados resfriados rapidamente, a diferença no extravasamento foi cerca de 5 %, mostrando que o uso de água com gelo ou hidrorresfriamento ajuda a minimizar o estresse do calor de campo sobre os frutos.

Morangos submetidos ao resfriamento rápido logo após a colheita, em câmara de ar forçado a 1 °C, por 1 h, seguido de conservação por uma semana a 1 °C mais 1 dia a 20 °C, tiveram melhor qualidade de cor, vermelho vívido, menor perda de massa fresca, cerca de 50 %, maior firmeza até 22 %, perda mínima nos teores de vitamina C e de açúcares (glicose, frutose e sacarose), em comparação com os morangos que sofreram atraso de 6h no resfriamento após a colheita, ficando

expostos a 30 °C, até serem submetidos às condições de conservação (Nunes *et al.*, 1995). Em discos do mesocarpo de frutos inteiros de pepinos mantidos a 4 ou 14 °C, durante 22 dias, verificou-se incremento modesto no extravasamento de eletrólitos, em torno de 20-25 % ou 35-40 %, respectivamente. Junto com o extravasamento, foram observadas alterações na aparência, formação de manchas nos frutos, indicando possível estresse de temperatura nos frutos de pepinos (Parkin & Kuo, 1989). Frutos macios e suculentos são constituídos particularmente de células maiores com grande conteúdo de solutos, condição que pode gerar pressão de turgor acima do limite de resistência da parede celular (Simon, 1977), tornando-os mais sensíveis e vulneráveis aos efeitos dos variados tipos de estresses. No caso dos morangos sanitizados, as células epidérmicas e adjacentes, podem ter aumentado a pressão de turgor e, portanto a sensibilidade, adquirindo assim, menor resistência mecânica. Nesse sentido, a sanitização pode ser estressante, porém não tão danosa que não possa ser empregada no processamento mínimo de morango ou de produtos com sensibilidade similar.

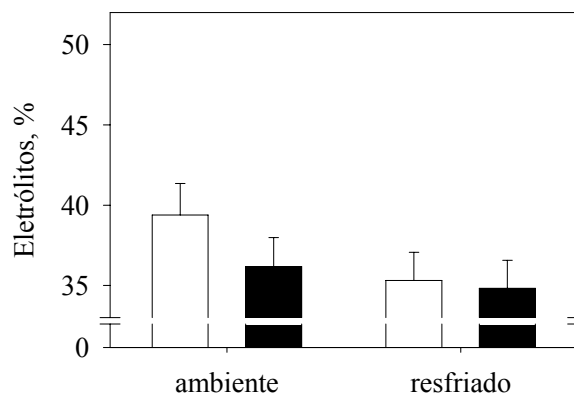


Figura 2. Extravasamento de eletrólitos em morangos Camarosa inteiros recém-colhidos, não sanitizados (□) e sanitizados com 200 mg L⁻¹ de cloro (■) em temperatura ambiente, 22±2 °C e resfriados por imersão em água com gelo, 5±1 °C. As barras verticais representam o desvio padrão da média de 3 repetições com DMS igual a 5 %

No caso de morangos inteiros ou cortados, os maiores valores de extravasamento foram observados para os morangos cortados, 43 e 38 %, a 22±2 e 5±1 °C, respectivamente (Figura 3). Nos morangos inteiros, o extravasamento foi de 36 e 34 %, a 22±2 e 5±1 °C, respectivamente. Comparando-se os morangos inteiros e

cortados nas duas temperaturas estudadas, aqueles resfriados logo após a colheita mostraram redução nos valores estimados de extravasamento próxima a 2 e 4 %, respectivamente. Embora a redução de extravasamento de eletrólitos sobre os tecidos de morango cortados tenha sido pequena, o uso de temperatura baixa ajudou a amenizar o efeito de estresse induzido pelo corte, uma vez que o aumento do extravasamento de eletrólitos causado pela destruição mecânica de parte do sistema de membranas na superfície cortada de um tecido vegetal é resultado da descompartimentalização celular (Rolle & Chism, 1987) ou da menor resistência das células adjacentes ao corte.

As células das frutas intactas normalmente não se rompem facilmente *in situ*, pois estão sob pressão das camadas de células vizinhas ou protegidas por células epidérmicas mais resistentes, cutícula ou casca. Uma vez perdida ou removida a casca, as células da polpa tornam-se vulneráveis a qualquer condição hipotônica (Simon, 1977). No morango, que possui uma epiderme fina e frágil, etapas do processamento mínimo, como lavagem, sanitização, enxágue e, ou corte, podem contribuir na indução de estresse ao tecido vegetal e, portanto, para maior extravasamento de eletrólitos.

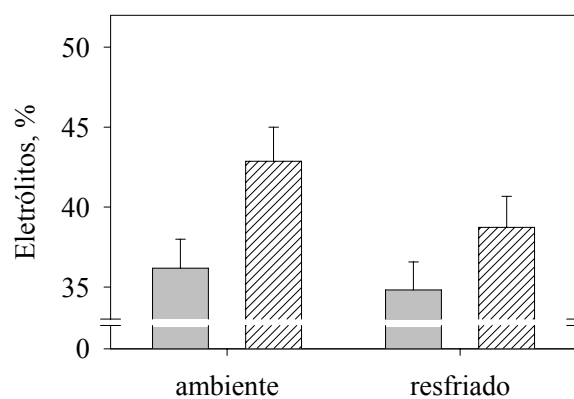


Figura 3. Extravasamento de eletrólitos em morangos Camarosa sanitizados em solução de 200 mg L⁻¹ de cloro orgânico a 5±1 °C, inteiro (■) e cortado (▨). As barras verticais representam o desvio padrão da média de 3 repetições com DMS igual a 5 %

b) Crescimento e desenvolvimento de microrganismos

Nas concentrações de sanitizante e nos tempos de sanitização testados não houve diferença significativa quanto à redução da microbiota nos morangos

amostrados (Figura 4). Nas concentrações de sanitizante testadas, a diminuição no número de log de UFC foi discreta, cerca de 0,3 para 200 e 400 mg L⁻¹ de cloro, em relação aos controles não sanitizado e sanitizado, com 0,5 mg L⁻¹ de cloro. Para os tempos de sanitização de 5 e 10 minutos, a redução foi em torno de 0,5 log de UFC g⁻¹ em relação aos controles não sanitizado ou sanitizado por 30 segundos com 200 mg L⁻¹ de cloro (Figura 4). Isso mostra que a microbiota presente no produto durante o preparo ou processo foi insuficiente para comprometer a segurança do morango.

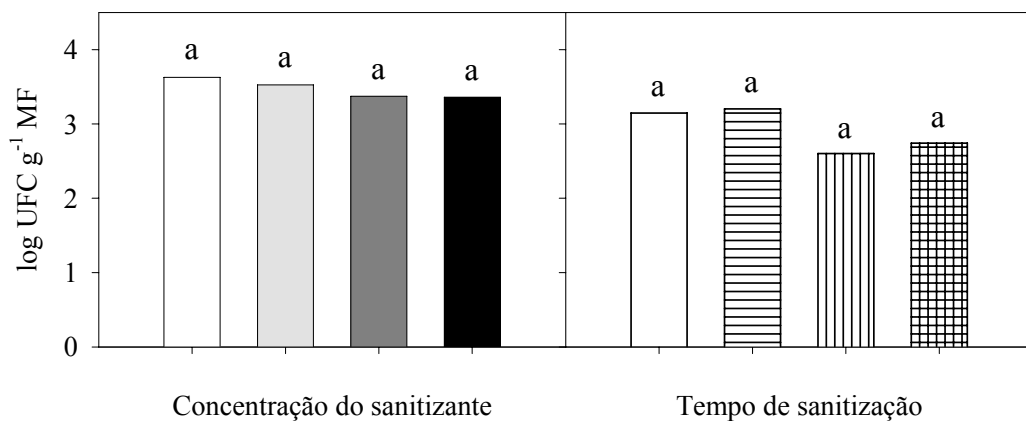


Figura 4. Logaritmo do número de Unidades Formadoras de Colônias de fungos filamentosos e leveduras após o processamento do morango Tudla submetido às condições de não sanitizado (□), sanitizado com 0,5 (■), 200 (■) e 400 mg L⁻¹ de cloro (■) por 30 segundos. Morangos sanitizados com 200 mg L⁻¹ de cloro por 30 segundos (▨), 5 (▩) e 10 (▤) minutos. As colunas seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade

Os morangos sanitizados com 200 ou 400 mg L⁻¹ de solução de cloro mostraram-se, com redução no número log de UFC g⁻¹, próximos a 1,0 e 1,5, respectivamente, em relação aos controles não sanitizado e sanitizado com 0,5 mg L⁻¹ de cloro), aos 6 dias de conservação (Figura 5). A sanitização dos morangos com 200 ou 400 mg L⁻¹ de cloro, em solução, foi efetiva para retardar o crescimento ou desenvolvimento de fungos filamentosos e leveduras, sem, no entanto, haver diferença significativa entre as duas concentrações.

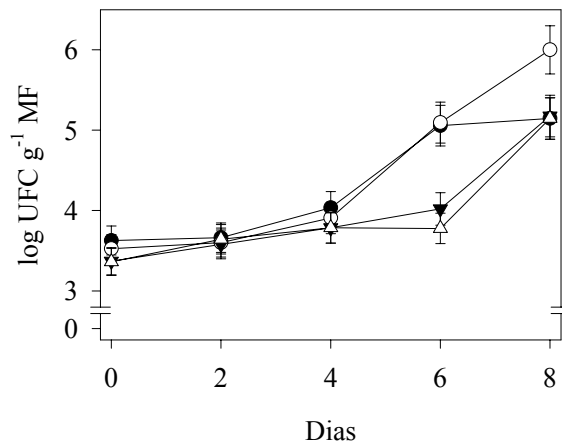


Figura 5. Logaritmo do número de Unidades Formadoras de Colônias de fungos filamentosos e leveduras em morangos Tudla inteiros, não sanitizados (●), sanitizados por 30 segundos com 0 (○), 200 (▼) e 400 mg L⁻¹ de cloro (Δ), mantidos a 5 °C e 90-95 % UR. As barras verticais representam o desvio padrão da média de 3 repetições com DMS igual a 5%

Quanto ao tempo de sanitização (Figura 6), a conservação do morango aos 6 dias mostrou que a sanitização por 5 e 10 minutos reduziu o log de UFC g⁻¹ em torno de 1 e 0,5, respectivamente, no crescimento de fungos filamentosos e leveduras, em relação ao controle não sanitizado e, ou sanitizado por 30 segundos.

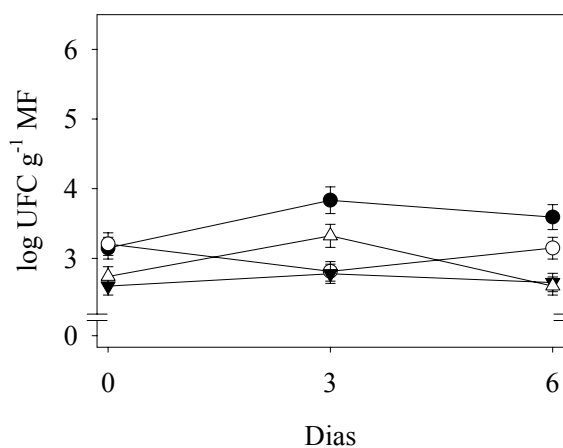


Figura 6. Logaritmo do número de Unidades Formadoras de Colônias de fungos filamentosos e leveduras em morangos Tudla processado inteiro, não sanitizado (●) ou sanitizado por 30 segundos (○), 5 (▼) e 10 (Δ) minutos com 200 mg L⁻¹ de cloro, mantidos a 5 °C sob 90-95 % UR. As barras verticais representam o desvio padrão da média de 3 repetições com DMS igual a 5 %

No morango, a maior incidência de microrganismos se deve ao crescimento de fungos filamentosos e leveduras, visto que o pH do fruto fica em torno de 3,5 a 4, baixo o suficiente para impedir o crescimento de outros microrganismos como bactérias (Park *et al.*, 2005; Ragaert *et al.*, 2006; Holtz, 2006). A maioria dos microrganismos desenvolve-se melhor em valores de pH próximos a 7, os fungos crescem melhor entre 3,5 e 4,0 e as leveduras em torno de 4,5 e 6,0 (Germano & Germano, 2001). Em frutas frescas, fungos filamentosos e leveduras fermentativas frequentemente constituem a microbiota predominante, em razão do pH, que é geralmente abaixo de 4. Desse modo, levando-se em conta o pH adequado para o desenvolvimento de microrganismos e o pH do morango mostrado no Capítulo I, os dados registrados para a referida característica encontram-se na faixa ótima de crescimento de fungos. Segundo Vanetti (2004), ocasionalmente, alguns patógenos podem estar presentes nas frutas e hortaliças em razão do uso de água contaminada, fertilizantes orgânicos preparados inapropriadamente, presença de animais e, ou manipuladores infectados.

As mudanças microbiológicas que ocorrem no início e ao longo da conservação das frutas, hortaliças e outros vegetais são variáveis com a composição da microflora inicial de cada alimento, que está diretamente relacionada a alguns dos fatores como adequação do ambiente de trabalho, manuseio, qualidade da água, umidade, temperatura, atmosfera e acidez do produto (Watada *et al.*, 1996; Porte & Maia, 2001). E, normalmente, os parâmetros utilizados para avaliar a qualidade microbiológica para frutas *in natura* baseiam-se na Resolução RDC n° 12 de 02 de janeiro de 2001 da ANVISA, legislação para frutas frescas, inteiras refrigeradas ou congeladas e, ou prontas para o consumo, estipulando limite somente para coliformes fecais de $2 \times 10^2 \text{ g}^{-1}$ (Brasil, 2001). Para os demais grupos microbianos (mesófilos, bactérias ácido-láticas, bactérias pectinolíticas, leveduras e fungos) (Watada *et al.*, 1996; Porte & Maia, 2001) não há legislação pertinente, principalmente com limites de contagens microbiológicas toleradas para frutas e hortaliças minimamente processadas. Dessa maneira, os resultados microbiológicos obtidos sugerem um produto seguro para o consumidor.

c) Drenagem

Assim como a sanitização e o enxágue, a drenagem é uma etapa essencial no processamento mínimo das frutas e pode ser estimada pela porcentagem de água livre na superfície dos morangos, após a sanitização e o enxágue. A porcentagem de água livre na superfície dos morangos, ficou entre 2 e 3 % de sua massa fresca, independente do tempo de sanitização ou do cultivar (Figura 7). Na drenagem por 20 minutos, os valores de água livre dos morangos Dover e Tudla, sanitizados e enxaguados por 30 segundos, caíram para 0,7 e 1,0 %, respectivamente (Figura 7A). No tempo de drenagem por 40 minutos, esses valores de água livre foram para 0,3 % em ambos os cultivares. Nos frutos sanitizados e enxaguados por 5 minutos, o tempo de drenagem de 20 minutos resultou em valores de água adsorvida de 1,3 e 1 %, para Dover e Tudla, respectivamente, enquanto no tempo de drenagem de 40 minutos, os valores de água adsorvida foram de 1 e 0,5 %, respectivamente (Figura 7B). A sanitização e enxágue por 10 minutos permitiu que os valores de água livre nos morangos Dover e Tudla atingissem no tempo de 20 minutos de drenagem os valores de 1,7 e 1,2 %, respectivamente. Nesse mesmo tempo de sanitização e enxágue, a drenagem por 40 minutos resultou em valores de 0,6 e 1,2 %, para Dover e Tudla, respectivamente (Figura 7C). Quando aplicada a drenagem por 120 minutos, em todos os tempos de sanitização e enxágue, além da água livre à superfície dos morangos, a própria água da polpa ou das primeiras camadas de células epidérmicas foi perdida (Figura 7). Esse efeito negativo passa a se tornar prejudicial à aparência dos morangos, contribuindo para a perda de massa fresca com subsequente aceleração da senescência. Para as condições deste trabalho, os morangos sanitizados ou enxaguados por 30 segundos e drenados por 20 minutos possibilitaram valores de perda da água livre próximos de 0 %, com o mínimo de água aderida à superfície dos frutos. Ademais, esse tempo de drenagem tornou o processo mais ágil em relação ao tempo de 40 minutos, que também resultou em menor água livre nos frutos.

Tão importante quanto a etapa de centrifugação para as hortaliças, também é a drenagem para as frutas, que consiste em remover o excesso de água ou resíduos de suco celular presentes na superfície intacta ou cortada das frutas, em decorrência das etapas de lavagem, sanitização e enxágue. Na literatura, os trabalhos não descrevem com detalhes o emprego da drenagem em frutas minimamente processadas. Os trabalhos existentes descrevem apenas como uma etapa importante

para o processamento mínimo, sem discutir com resultados experimentais a aplicabilidade ou o efeito dessa técnica nas frutas durante o seu processamento.

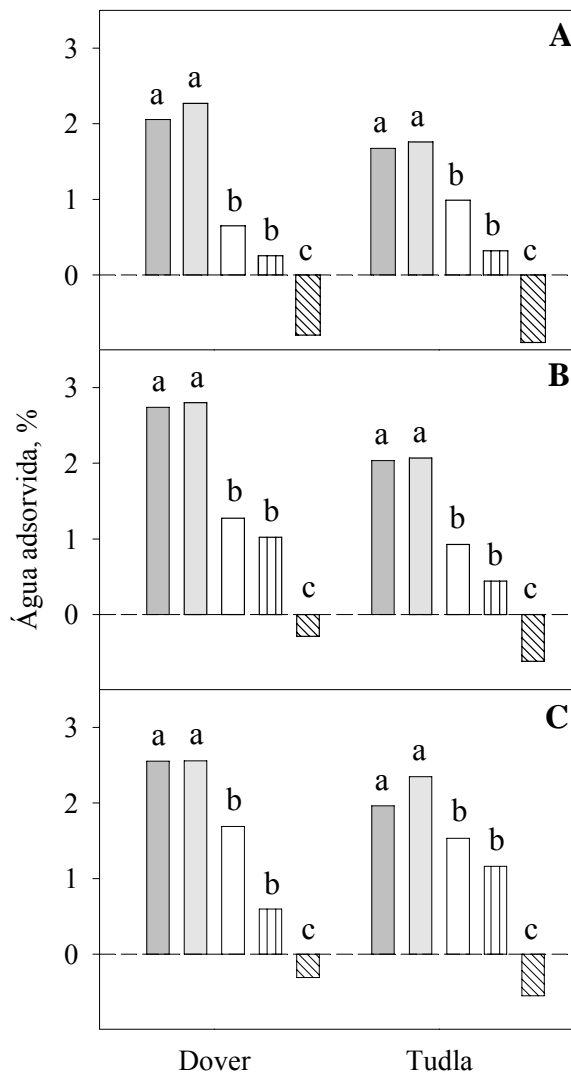


Figura 7. Porcentagem de água livre na superfície de morangos Dover e Tudla, sanitizados inteiros com 200 mg L^{-1} de cloro por 30 segundos (A), 5 (B) e 10 (C) minutos, seguido de enxágue com 5 mg L^{-1} de cloro, nos respectivos tempos. Morangos amostrados após sanitização (■), após enxágue (■) e após drenagem por 20 (□), 40 (▤) e 120 (▥) minutos. As colunas seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade

d) Produção de dióxido de carbono

A elaboração da curva de acúmulo de dióxido de carbono para o morango não sanitizado, inteiro ou cortado, permitiu identificar o tempo de 2 h como adequado para a amostragem experimental (Figura 8). No período de 12 h de acúmulo, observou-se que os morangos cortados acumularam 1,7 vezes mais CO_2 , em relação aos inteiros, corroborando a idéia de que o aumento da taxa respiratória em morangos intactos é devido aos danos mecânicos (Kader, 1991), principalmente corte, descasque ou fatiamento.

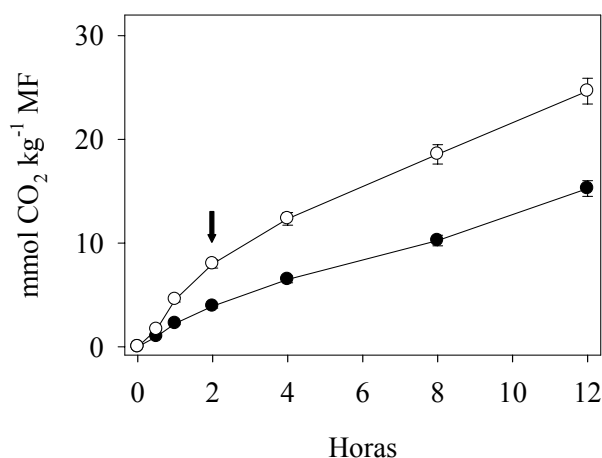


Figura 8. Curva de acúmulo do morango Camarosa não sanitizado, inteiro (●) ou cortado (○), mantidos a 5 ± 1 °C durante 12 h. A seta (↓) indica o tempo de acúmulo escolhido. As barras verticais representam o desvio padrão da média de 5 repetições com DMS igual a 5 %

Os morangos recém-colhidos na temperatura ambiente de 22 ± 2 °C e não sanitizados tiveram menor taxa respiratória em relação aos morangos sanitizados, com diferenças de 12, 30 e 23 % para os morangos Camarosa, Dover e Tudla, respectivamente (Figura 9). Essa diferença caiu para 5, 8 e 11 % nos morangos Camarosa, Dover e Tudla, respectivamente, quando submetidos ao resfriamento rápido em água com gelo, até 5 ± 1 °C (Figura 9). Essa diminuição na taxa respiratória permite destacar o quanto o abaixamento da temperatura foi eficiente na eliminação do calor de campo dos morangos, minimizando o estresse provocado pelo mesmo. No entanto, foi notável que, embora, em proporções menores, a etapa de sanitização induziu estresse no morango sinalizado pelo aumento da taxa respiratória, principalmente a 22 ± 2 °C.

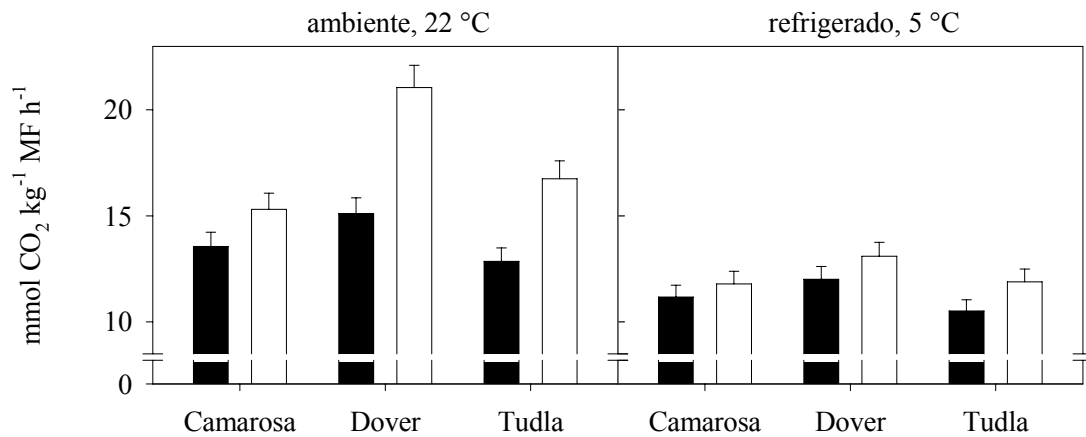


Figura 9. Produção de dióxido de carbono após o processamento de morangos Camarosa, Dover e Tudla, não sanitizados (■) ou sanitizados (□). As barras verticais representam o desvio padrão da média de 5 repetições com DMS igual a 5 %

Independentemente da temperatura de estudo, a taxa respiratória nos morangos cortados foi maior do que nos inteiros (Figura 10). Nos morangos recém-colhidos e sanitizados à temperatura de 22 ± 2 °C, a diferença entre a taxa respiratória dos morangos cortados e inteiros foi de 20, 21 e 26 % para Camarosa, Dover e Tudla, respectivamente (Figura 10). Quando os morangos foram colhidos e submetidos rapidamente ao resfriamento em água com gelo (5 ± 1 °C), a diferença nos valores da taxa respiratória foi de 12, 25 e 28 % para Camarosa, Dover e Tudla, respectivamente (Figura 10). Isso mostra que a taxa respiratória foi menor nos morangos submetidos ao resfriamento rápido, independente se inteiros ou cortados.

A velocidade da deterioração pós-colheita de algumas frutas geralmente está associada à sua taxa respiratória (Atta-Aly, 2003). Isso pode significar consumo de parte das reservas (açúcares e ácidos orgânicos) antecipando os processos de senescência do produto, com redução do valor nutritivo e, ou perda de sabor, principalmente doçura (Kader, 1991; Atta-Aly, 2003).

A exposição de algumas frutas à condição de estresse, como injúrias físicas ou químicas, aumenta significativamente sua taxa respiratória, sugerindo que o uso de temperatura baixa associada a um resfriamento rápido ou ao uso de embalagem adequada podem ser ferramentas importantes no controle da respiração (Atta-Aly, 2003).

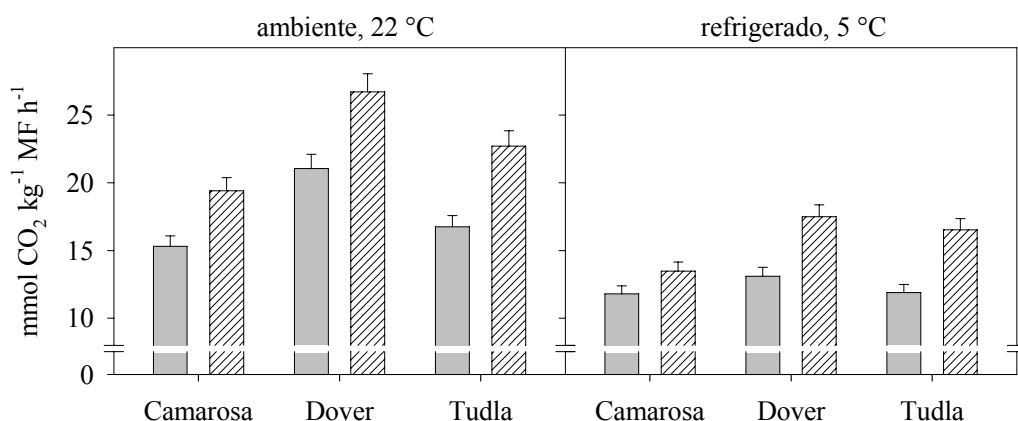


Figura 10. Produção de dióxido de carbono após o processamento de morangos Camarosa, Dover e Tudla, inteiros (■) ou cortados (▨). As barras verticais representam o desvio padrão da média de 5 repetições com DMS igual a 5 %

O corte no processamento mínimo consiste numa etapa de estresse muito intensa para o tecido. Normalmente, algumas manifestações fisiológicas se devem à ruptura da estrutura celular, resultando no aumento da produção de dióxido de carbono e, nas frutas climatéricas, com a evolução de etileno (Porte & Maia, 2001). Em alguns produtos minimamente processados, a taxa respiratória pode aumentar de 3 a 7 vezes em relação ao tecido intacto, o que se traduz em acelerado consumo de oxigênio (Varoquaux & Wiley, 1997). Dessa forma, a respiração de frutas e hortaliças pode ser utilizada como um indicador do nível de alterações catabólicas e da deterioração da qualidade, principalmente quando o tecido sofre algum tipo de estresse pelo descascamento ou corte (Skura & Powrie, 1995; Maistro, 2001).

e) Vitamina C, antocianinas e compostos fenólicos no morango minimamente processado

Os teores de vitamina C nos morangos Dover e Tudla inteiros foram maiores, cerca de 8 e 12 %, respectivamente, em relação aos morangos cortados (Tabela 2).

A vitamina C em morango predomina sob a forma de ácido ascórbico com teor médio de 60 mg 100 g⁻¹ MF e pode variar com o cultivar e, ou o estágio de amadurecimento (Lima, 1999; Pazinato, 1999; Cordenunsi *et al.*, 2005).

Tabela 2. Valores médios dos níveis (mg 100g⁻¹ de massa fresca) de vitamina C, antocianinas e compostos fenólicos após o processamento de morangos Camarosa, Dover e Tudla, inteiros ou cortados

Cultivar	vitamina C		Antocianinas		compostos fenólicos	
	mg 100 g ⁻¹ de massa fresca					
	inteiro	cortado	inteiro	cortado	inteiro	cortado
Camarosa	-	-	43 bA	49 aA	93 aA	97 aA
Dover	59 aB*	54 bA	25 aB	26 aB	85 aA	81 aB
Tudla	66 aA	58 bA	-	-	-	-

* Médias seguidas de letra minúscula nas linhas ou maiúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade

No processamento mínimo, a vitamina C pode funcionar como ótimo indicador de qualidade, uma vez que os tecidos são expostos na etapa de corte, e a vitamina C pode ser perdida por ser lábil e suscetível à degradação na presença de luz e oxigênio. A oxidação do ascorbato pela ascorbato oxidase aumenta em condições adversas de estresse, como exposição a patógenos, altas temperaturas, íons metálicos, danos físicos ou químicos e com a exposição a produtos que contenham halogênios em sua molécula, como sais de hipoclorito usados na sanitização (Wright & Kader, 1997; Lee & Kader, 2000). Isso pode explicar a pequena diferença no conteúdo de vitamina C entre frutos inteiros ou cortados no trabalho em questão. No morango cortado, cuja superfície de exposição à luz e ao oxigênio é maior, pode haver predisposição a mais da região lesionada para apresentar oxidação rápida da vitamina C, além do enfraquecimento da estrutura celular provocado pelas ações do processamento, deixando o tecido mais suscetível à deterioração (Watada *et al.*, 1990).

Quanto aos teores de antocianinas e compostos fenólicos, o destaque foi para o morango Camarosa cortado, cerca de 12 e 5 % a mais, respectivamente, em relação aos morangos inteiros (Tabela 2). O morango Dover mostrou-se com teores de antocianinas menores em relação ao Camarosa e tanto os morangos inteiros quanto cortados mantiveram teores praticamente iguais (Tabela 2). O teor de antocianinas encontrado em morango Seascape, inteiro ou cortado ficou em torno de 45 mg 100 g⁻¹ MF (Gil *et al.*, 2006), próximo dos valores estimados para o morango Camarosa (40-50 mg 100 g⁻¹ MF) e acima dos teores encontrados para o Dover (25 mg 100 g⁻¹ MF) neste trabalho. Essa diferença no teor de antocianinas mostra que é uma característica própria do cultivar, como o morango Dover que apresentou maior

teor de antocianinas em relação aos cultivares Campineiro e Oso Grande, no trabalho realizado por Cordenunsi *et al.* (2005).

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), sendo a pelargonidina-3-glicosídica, a antocianina mais comum encontrada no morango. Em menor presença, porém bem documentada na literatura, a cianidina-3-glicosídica (Lopes-Da-Silva *et al.*, 2003).

Quanto aos teores de compostos fenólicos, foi observado que os morangos Camarosa cortados ficaram ligeiramente acima, cerca de 5 %, do valor encontrado para morangos inteiros (Tabela 2). Já nos morangos Dover cortados, verificaram-se níveis menores para os compostos fenólicos, em torno de 5 %, em relação aos morangos inteiros desse cultivar (Tabela 2). O teor de compostos fenólicos no morango pode variar com o cultivar e com o método de extração e, ou quantificação, podendo funcionar como antioxidantes naturais tais como os ácidos fenólicos e as próprias antocianinas (Kosar *et al.*, 2004). O teor de compostos fenólicos estimado em morango Seascape, inteiro ou cortado, foi cerca de 55 mg 100 g⁻¹ (Gil *et al.*, 2006), ficando abaixo do estimado para os morangos Camarosa e Dover, próximo a 95 e 80 mg 100 g⁻¹, respectivamente.

O processamento mínimo de morango, inteiro ou cortado, não se refletiu em perda drástica da qualidade nutricional ou visual, principalmente antocianinas e compostos fenólicos, para as condições apresentadas neste trabalho, mostrando-se uma alternativa técnica viável e promissora para ser agregada ao valor do morango.

3.3 Conservação do morango minimamente processado

O extravasamento de eletrólitos nos morangos Camarosa, inteiros ou cortados, após o processamento, foi de 35 e 39 %, respectivamente, atingindo o máximo de extravasamento de 45 % para o inteiro aos 4 dias de conservação e de 50 % para o cortado aos 6 dias (Figura 11). Para essa condição experimental, não foi constatada diferença na sensibilidade de estresse provocado pelo corte nos morangos. No entanto, nos morangos inteiros ou cortados, a diferença de extravasamento entre o início e o final da conservação foi em torno de 10 %. Essa diferença pode ser atribuída à senescência natural do tecido vegetal associado ao tempo de conservação. Em pepinos mantidos a 4 e 14 °C, durante 22 dias, foi possível visualizar sinais de senescência por meio do surgimento de manchas escuras distribuídas na epiderme

dos frutos, que se tornavam mais nítidas com o avançar do tempo de conservação (Parkin & Kuo, 1989).

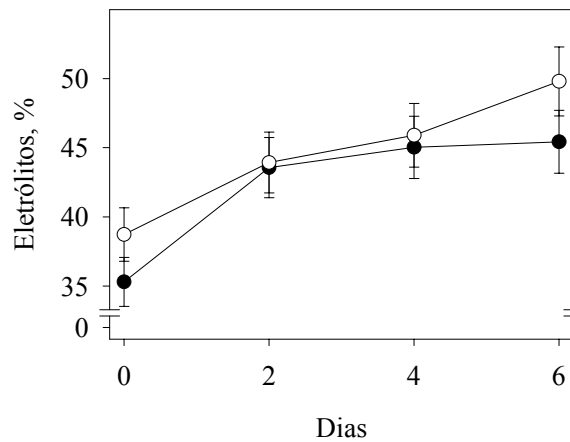


Figura 11. Extravasamento de eletrólitos (%) em morangos Camarosa, inteiros (●) e cortados (○), mantidos a $5\pm 0,5$ °C, sob 90-95 % UR. As barras verticais representam o desvio da média padrão de 3 repetições com DMS igual a 5 %

Uma resposta comum do tecido vegetal ao estresse ambiental provocado por salinidade (Chrominski *et al.*, 1986), ferimentos (Elstner & Konze, 1976), temperatura (Elstner & Konze, 1976) e estiagem ou seca consiste no enfraquecimento da estrutura celular, facilitando o extravasamento de eletrólitos e, ou peroxidação de lipídios (Parkin & Kuo, 1989). Além do mais, acredita-se que o extravasamento no tecido vegetal afete o equilíbrio estrutural parede celular/membrana plasmática (Ehwald *et al.*, 1980; Wade, 1995). Para quantificar o extravasamento de solutos é necessário submeter o tecido a algum tipo de estresse *in vitro* para elucidar diferenças entre tratamentos ou amostragens, visto que o extravasamento de eletrólitos em tecido vegetal é um método que faz uma estimativa da permeabilidade de membranas em relação ao estresse ambiental e, ou à variação genotípica do produto (Whitlow *et al.*, 1992). Nesse sentido, Hodges & Toivonen (2008) mostram que, no processamento mínimo, o uso de lâminas sem corte ou mesmo os tipos de corte podem contribuir para aumentar o extravasamento de suco celular e, por conseguinte, a perda de qualidade dos produtos. Melões cortados na forma de cilindros com lâminas sem corte apresentaram maior extravasamento de eletrólitos comparado aos pedaços obtidos com lâminas afiadas (Portela & Cantwell, 2001).

Os teores de vitamina C nos morangos inteiros ou cortados foram reduzidos discretamente, independentemente do cultivar (Figura 12). Durante a conservação, verificou-se decréscimo no nível de vitamina C: maior para o morango Dover cortado, próximo a 15 %, com menor queda no nível dessa vitamina para o morango Dover inteiro, em torno de 5 %. Nos morangos Tudla, inteiros e cortados, a redução no teor de vitamina C foi de cerca de 10 %. Nos morangos Tudla, inteiros e cortados, a redução foi em torno de 10 %. Mesmo que tenha sido detectada diminuição nos níveis de vitamina C com o tempo de conservação, nos morangos inteiros ou cortados, essa redução não foi drástica o suficiente para induzir a idéia de perda nutricional dos morangos, principalmente nos cortados. Essa redução no teor de vitamina C pode ser devida à alta atividade pós-colheita da enzima ácido ascórbico oxidase (Islan *et al.*, 1993), ou ainda à menor capacidade dos vegetais de sintetizar esse ácido durante sua conservação (Vieites *et al.*, 2006). Para Garcia *et al.* (1998), a redução da vitamina C durante sua conservação pode estar associada à degradação dos ácidos orgânicos, dentre os quais o ácido ascórbico, principalmente devido o processo natural ou induzido de senescência.

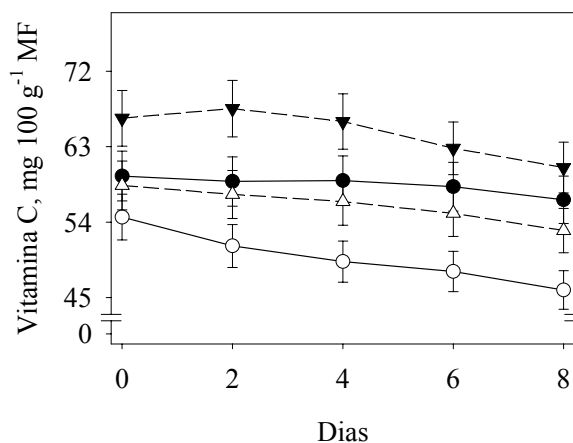


Figura 12. Teor de vitamina C total em morangos Dover (—) e Tudla (---), inteiros (▼●) e cortados (○△), mantidos a $5\pm 0,5$ °C, sob 90-95 % UR. As barras verticais representam o desvio padrão da média de 3 repetições com DMS igual a 5 %

A manutenção ou a perda parcial no teor de vitamina C ou de outras alterações nos produtos minimamente processados requerem o uso de tratamentos físicos ou químicos bem elaborados (temperatura baixa, resfriamento rápido, embalagem adequada, entre outros) que impeçam ou retardem o início dos processos

de catabolismo, controlando a respiração, o amadurecimento e a senescência, com o intuito de preservar a estrutura do tecido nativo e sua composição química (Maistro, 2001).

Um aspecto relevante no morango é que o teor de ácido ascórbico ou vitamina C é variável com o cultivar, com o desenvolvimento e com a época de colheita (Sone *et al.*, 1999; Vinokur *et al.*, 2002; Cordenunsi *et al.*, 2005). A perda de vitamina C em morangos mantidos a 20 °C foi mais rápida do que a 1 e 10 °C (Nunes *et al.*, 1998). Em morangos cultivados em condições de inverno frio e conservados inteiros, por 6 dias, o conteúdo de vitamina C variou de 49 para 41 mg 100 g⁻¹, uma redução em torno de 15 % (Kamperidou & Vasilakakis, 2006). A perda de vitamina C, após 6 dias a 5 °C, em morangos minimamente processados, foi de cerca de 5 %, enquanto nos morangos inteiros, sob as mesmas condições de conservação, os níveis de vitamina C permaneceram praticamente inalterados (Gil *et al.*, 2006). Isso reforça a ideia de que o processamento mínimo de morango pode ser uma alternativa potencial, sem haver perda drástica na qualidade nutricional.

Os morangos inteiros ou cortados mostraram um incremento discreto no teor de antocianinas, ao longo da conservação, com variação nos valores de 48 a 60 e de 25 a 30 mg 100 g⁻¹ para os cultivares Camarosa e Dover, respectivamente (Figura 13). O resultado comparativo entre o conteúdo de antocianinas para morangos inteiros e cortados foi uma surpresa, pois se acreditava que as frutas com antocianinas, quando minimamente processadas, atingissem níveis maiores de antocianinas, em relação às intactas, independentemente do cultivar. Esse fato leva a inferir que a intensificação da cor vermelha ou mesmo a perda de brilho observada visualmente nos morangos, durante a conservação, pode não estar associada às mudanças nos conteúdos de pigmentos, como as antocianinas. Mudanças nos conteúdos de antocianinas foram detectadas em diferentes cultivares de morango, porém essas alterações não foram suficientes para justificar a mudança de cor visual durante sua conservação por 6 dias, a 6 °C (Cordenunsi *et al.*, 2003). Tal efeito de mudança visual pode ser observado com auxílio de um colorímetro, estimando a intensidade de cor vermelha na superfície dos morangos, baseado no método CIELAB (Barron & Torrent, 1986; Senthilkumar, 2007).

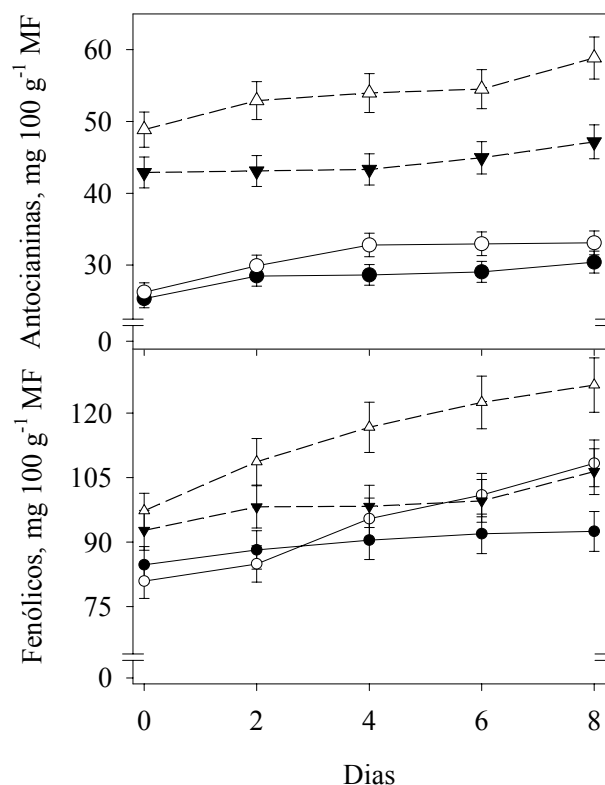


Figura 13. Valores médios dos teores de antocianinas e compostos fenólicos em morangos Dover (—) e Camarosa (---), inteiros (●▼) e cortados (○△), mantidos a $5 \pm 0,5$ °C, sob 90-95 % U.R. As barras verticais representam o desvio padrão da média de 3 repetições com DMS igual a 5%

O teor de antocianinas no morango é importante para avaliar o estágio de amadurecimento dos pseudofrutos (Manning, 1993), sendo a pelargonidina-3-glicosídeo a principal antocianina, juntamente com a cianidina-3-glicosídeo e a pelargonidina-3-rutinosídeo, em menor quantidade (Gil *et al.*, 1997). Os níveis de antocianinas estimados entre morangos Seascape, inteiros ou cortados, conservados por 9 dias, a 5°C, não variaram significativamente, com valores em média de 40-45mg 100g⁻¹ (Gil *et al.*, 2006). No presente trabalho, os níveis encontrados de antocianinas para o morango Camarosa, inteiro ou cortado, ficaram um pouco abaixo dos resultados de Gil *et al.* (2006) ou acima do estimado para o Dover, inteiro ou cortado. Isso indica que o conteúdo de antocianinas é uma característica peculiar do cultivar.

Outro aspecto observado na quantificação das antocianinas foi o acúmulo de pigmentos após a colheita, nos morangos inteiros e cortados, durante a conservação. Morangos Selva conservados inteiros por 10 dias, a 5°C, mostraram um

aumento no conteúdo de antocianinas em torno de 19%, ou de 31% após estimativa apenas da região epidérmica, ou externa (Gil *et al.*, 1997). Holcroft & Kader (1999), quando trabalharam com o cultivar Selva, observando as mudanças induzidas pelo dióxido de carbono na cor e na síntese de antocianinas, verificaram aumento na síntese de antocianinas após a conservação por 10 dias, a 5°C.

De maneira semelhante às antocianinas, os maiores níveis de compostos fenólicos foram determinadas para o Camarosa inteiro e cortado, variando de 92 a 106 e de 95 a 125 mg 100 g⁻¹, respectivamente (Figura 13). No Dover inteiro e cortado, essa variação foi de cerca de 85 a 93 e de 81 a 108 mg 100 g⁻¹, respectivamente. Observou-se que, tanto em morangos inteiros quanto cortados, o aumento nos níveis de compostos fenólicos não foi tão contrastante, embora estes últimos tenham-se apresentado com maior conteúdo de compostos fenólicos. Essa variação nos morangos cortados pode estar ligada ao mecanismo de defesa natural ou de cicatrização do tecido vegetal, quando exposto a alguma tipo ou condição de estresse (Picchionni *et al.*, 1994; Zhuang *et al.*, 1997).

No processamento mínimo, a etapa de corte resulta em maior desestruturação do tecido, permitindo o contato entre enzimas e substratos. Uma vez livres, as enzimas hidrolíticas podem conduzir a indução inicial de sinais em resposta ao ferimento, como mostrado para morangos por Myung *et al.* (2006), com o aumento de fenólicos. Em alface minimamente processada, por exemplo, foram observados sinais induzidos por ferimento na região injuriada ou de corte, com sua migração para as células adjacentes, sadias, onde o tecido se mostrou com alteração na atividade metabólica, com a produção de fenólicos (Choi *et al.*, 2005). No entanto, estudos mais aprofundados devem ser realizados com o intuito de comprovar e conhecer melhor os mecanismos de sinalização em resposta ao corte, no processamento mínimo. Ademais, o morango é uma fonte importante de fenólicos como flavonoides, ácidos fenólicos e antocianidinas que podem atuar como antioxidantes naturais.

3.4 Fluxograma de processamento mínimo do morango

A partir dos resultados obtidos nos experimentos descritos anteriormente foi possível obter um fluxograma operacional completo para o processamento mínimo do morango (Figura 14). O fluxograma permite fazer uma descrição detalhada dos procedimentos adequados a serem adotados em cada etapa do

processamento. A definição de cada etapa do processamento mínimo foi baseada, principalmente nas avaliações físicas, químicas, fisiológicas e microbiológicas em resposta às condições de estresse impostas ao tecido por cada etapa do processamento: como resfriamento rápido (Figuras 2 e 3); remoção do cálice (Tabela 1); sanitização, definida pela sensibilidade do morango à sanitização (Figura 2 e 9); pela escolha da concentração de sanitizante (Figuras 4 e 5) e pelo tempo de sanitização (Figuras 4 e 6); enxágue acompanhado pelos respectivos tempos estudados na sanitização; drenagem (Figura 7), como uma etapa de merecido destaque durante a elaboração de um fluxograma de processamento para frutas, principalmente as mais perecíveis, como o morango; e, por fim, o corte, que define a forma que o produto irá adquirir e a partir deste produto observar e acompanhar o comportamento das alterações físicas, bioquímicas e fisiológicas no processo (Figuras 3, 8 e 10; Tabela 2) e o tempo de conservação (Figuras 11, 12 e 13). A partir dos estudos realizados, foi possível entender o comportamento de cada característica frente à indução de estresse oriundo de cada etapa do processamento mínimo (Tabela 1; Figuras 2, 3, 9 e 10).

Encontram-se relacionadas a seguir as etapas do fluxograma proposto de processamento mínimo do morango, com as respectivas descrições de procedimentos necessários em cada operação.

Recepção: deve ser ágil e cuidadosa, evitando danos físicos aos frutos.

Resfriamento: usando água gelada ou água com gelo até atingir 5 ± 1 °C.

Seleção e lavagem: eliminar os morangos deteriorados e defeituosos; selecionar os frutos por cor $\frac{3}{4}$ vermelho; retirar as sujidades em água corrente.

Preparo: remoção do cálice, manualmente e do pedicelo, com lâminas.

Sanitização: imersão em solução, 5 ± 1 °C, com 200 mg L^{-1} de cloro orgânico, por 30 segundos.

Drenagem: em bandejas perfuradas por 20 minutos para remover o excesso de água livre na superfície dos frutos.

Corte: no sentido longitudinal dos frutos, em metades.

Seleção: retirada de morangos fora de padrão.

Embalagem: poliestireno expandido, $150 \times 150 \times 18$ mm, com filme PVC, $11 \mu\text{m}$.

Conservação: sob refrigeração em torno de 5 °C, sob 90-95 % UR.

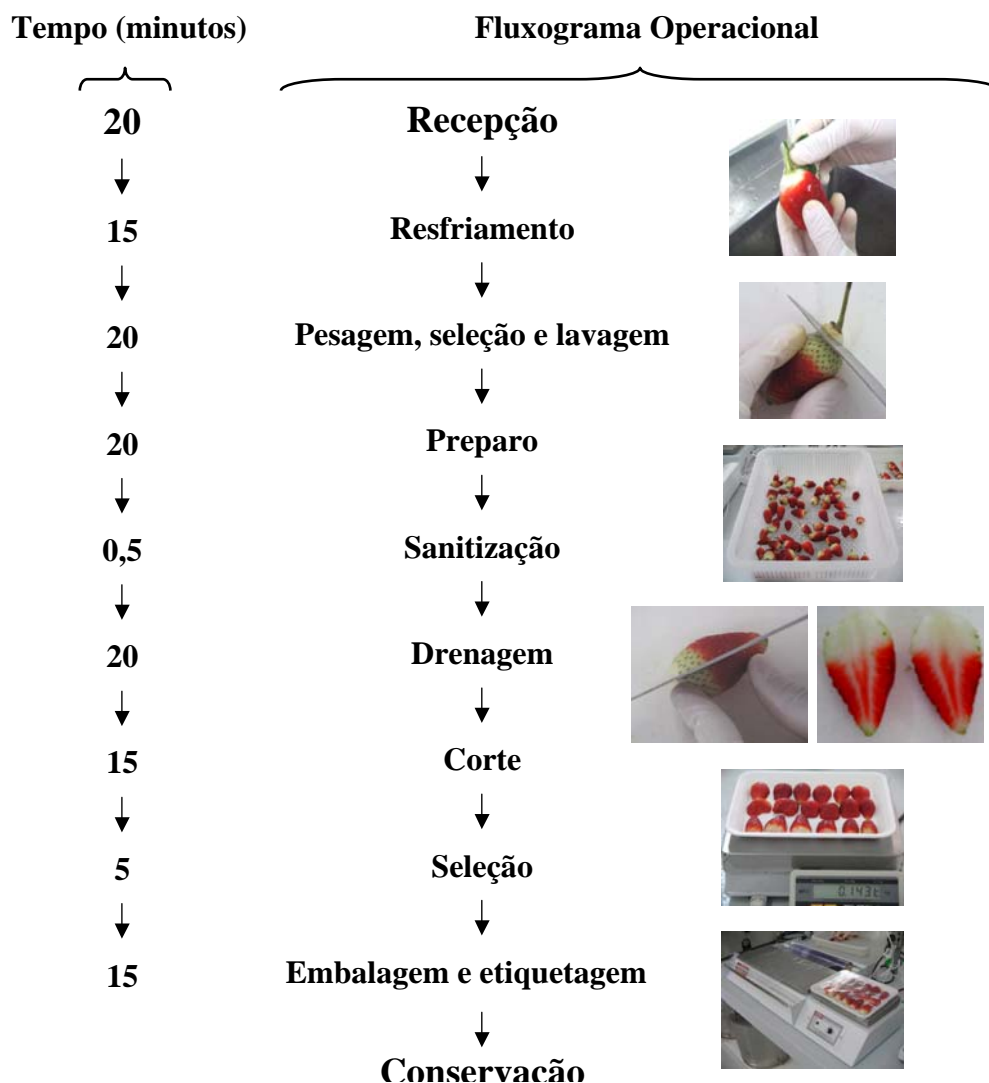


Figura 14. Tempo operacional seguido de fluxograma proposto para o processamento mínimo de morango (*Fragaria x ananassa* Duch.), com 3 operadores

Os resultados obtidos e interpretados descreveram a importância de aprofundar o conhecimento sobre o morango minimamente processado, visto que, a partir do corte, o mais evidente no processamento foi a redução da qualidade percebida pela aparência (pigmentos) ou nutricional (vitamina C). Esses efeitos mostram a necessidade de um acompanhamento da qualidade do morango minimamente processado quando submetido a um período prolongado de conservação.

4. CONCLUSÕES

A remoção do cálice nos morangos Dover não resultou em diferença significativa para as características físicas e químicas estudadas em relação aos morangos com cálice, em cada dia de análise. A perda de massa fresca ficou abaixo de 1% durante a conservação, sendo mantida a aparência dos frutos. O efeito observado no tempo de conservação para SST, pH e razão SST/ATT não interferiram no sabor dos morangos.

A temperatura de trabalho, a condição de sanitização e o corte no processamento mínimo, assim como o uso de cultivares sensíveis de morango, como Dover, apresentaram alterações no extravasamento de eletrólitos e na produção de dióxido de carbono.

O uso do resfriamento rápido com água fria associado ao uso de temperatura baixa no processamento mínimo de morango reduziu a produção de dióxido de carbono pelo morango, inteiro e cortado.

A imersão dos frutos em solução de cloro orgânico com 200 mg L^{-1} , por 30 segundos, utilizada para a sanitização de morangos inteiros, proporcionou um crescimento reduzido de fungos filamentosos e leveduras durante sua conservação $5 \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$, além de tornar rápido o processo, sendo uma vantagem em escala industrial.

A drenagem por 20 e 40 minutos resultou no mínimo de água livre na superfície dos frutos, sendo o menor tempo o mais indicado por tornar o processo mais rápido.

Morangos inteiros ou cortados não apresentaram redução nos conteúdos de vitamina C, de antocianinas e de compostos fenólicos, após o processamento mínimo.

Morangos cortados mostraram aumento no suco extravasado em relação aos inteiros, durante o período de conservação a $5 \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$.

A redução nos teores de vitamina C nos morangos Dover e Tudla, inteiros ou cortados, com o tempo de conservação, não foi drástica o suficiente para comprometer a qualidade nutricional dos frutos.

Durante a conservação dos morangos Camarosa e Dover, inteiros ou cortados, verificou-se aumento nos níveis de antocianinas e compostos fenólicos, com um incremento maior nos morangos Camarosa cortados. Quanto aos níveis de antocianinas, não houve contraste entre os morangos cortados ou inteiros.

Os morangos mantiveram-se com qualidade nutricional (vitamina C) e aparência (antocianinas) durante o período de conservação, nas condições deste trabalho. No entanto, os conteúdos de vitamina C, antocianinas e compostos fenólicos foram variáveis entre os cultivares estudados.

O fluxograma operacional completo e proposto para o processamento mínimo do morango foi definido a partir das etapas de resfriamento rápido com água fria, remoção do cálice e pedicelo, sanitização, enxágue, drenagem, corte, embalagem e conservação a $5\pm 0,5$ °C, sob UR 90-95 %.

5. LITERATURA CITADA

AGUAYO E; ESCALONA V; ARTÉS F. 2004. Metabolic behavior and quality changes of whole and fresh processed melon. *Journal of Food Science* 69: 149-155.

ATTA-ALY M. 2003. Harvest and postharvest deteriorating factors of Cucurbits and avoidance techniques: a review. *The Journal of Agricultural Investment* 1: 55-62.

BALBINO JMS; MARIN AJ. 2004. Importância socioeconômica da cultura de morango para o estado do Espírito Santo e o planejamento da produção comercial. In: BALBINO JMS, Ed. *Tecnologias para produção, colheita e pós-colheita de morangueiro*. Vitória: Incaper, 76 p. (Incaper Documentos, 124).

BARRON V; TORRENT J. 1986. Use of the Kubelka-Munk theory to study the influence of iron oxides on soil colour. *Journal of Soil Science* 37: 499-510.

BEAULIEU JC. 2006. Effect of cutting and storage on acetate and nonacetate esters in convenient, ready-to-eat fresh-cut melons and apples. *HortScience* 41: 65-73.

BEUCHAT LR; COUSIN MA. 2001. Yeasts and molds. In: DOWNES FP; ITO K (eds.). *Compendium of methods for the microbiological examination of foods*. 4ed. Washington, D.C.: APHA. p. 209-215.

BHAGWAT AA; SAFTNER RA; ABBOTT JA. 2004. Evaluations of wash treatments for survival of foodborne pathogens and maintenance of quality characteristics of fresh-cut apple slices. *Food Microbiology* 21: 319-326.

BRASIL. 2001. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Resolução RDC n° 12, de 02 de janeiro de 2001*. Brasília.

CALEGARO JM; PEZZI E; BENDER RJ. 2002. Utilização de atmosfera modificada na conservação de morangos em pós-colheita. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 37: 1049-1055.

CANTILLANO RFF. 2004. Fisiologia e manejo na colheita e pós-colheita de morangos. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO, 2; ENCONTRO DE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS DO MERCOSUL, 1. *Palestras...* Pelotas: Embrapa Clima Temperado. p. 146-161.

CASTRO RL. 2004. Melhoramento genético do morangueiro: avanços no Brasil. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO, 2; ENCONTRO DE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS DO MERCOSUL, 1. *Palestras...* Pelotas: Embrapa Clima Temperado. p. 22-36.

CASTRO RL; CASALI VWD; BARRELLA, TP; SANTOS RHS; CRUZ CD. 2003. Produtividade de cultivares de morangueiro em sistema de cultivo orgânico. *Horticultura Brasileira* 21: 227-230.

CHOI YJ; TOMÁS-BARBERÁN FA; SALTVEIT ME. 2005. Wound-induced phenolic accumulation and browning in lettuce (*Lactuca sativa* L.) leaf tissue is reduced by exposure to n-alcohols. *Postharvest Biology and Technology* 37: 47-55.

CHROMINSKI A; KHAN MA; WEBER DJ; SMITH BN. 1986. Ethylene and ethane production in response to salinity stress. *Plant Cell and Environment* 9: 687-691.

CONTI JH; MINAMI K; TAVARES FCA. 2002. Produção e qualidade de frutos de morango em ensaios conduzidos em Atibaia e Piracicaba. *Horticultura Brasileira* 20: 10-17.

CORDENUNSI BR; GENOVESE MI; NASCIMENTO JRO; HASSIMOTTO NMA; SANTOS RJ; LAJOLO FM. 2005. Effects of temperature on the chemical

composition and antioxidante activity of three strawberry cultivars. *Food Chemistry* 91: 113-121.

CORDENUNSI BR; NASCIMENTO JRO; GENOVESE MI; LAJOLO FM. 2002. Influence of cultivar on quality parameters and chemical composition of strawberry fruits grown in Brazil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50: 2581-2586.

CORDENUNSI BR; NASCIMENTO JRO; LAJOLO FM. 2003. Physico-chemical changes related to quality of five strawberry fruit cultivars during cool-storage. *Food Chemistry* 83: 167-173.

COSTA F B; SIMÕES AN; MOREIRA SI; OLIVEIRA FC; TAKAYAMA AA; BARRELLA TP; PUSCHMAN R. 2006b. Tempo de drenagem em morango para processamento mínimo, em função do tempo de imersão em solução de cloro. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTOS E HORTALIÇAS, 4; SIMPÓSIO IBERO-AMERICANO DE VEGETAIS FRESCOS E CORTADOS, 1. *Resumos...* São Pedro: USP/ESALQ.

COSTA FB. 2002. *Armazenamento refrigerado do mamão Havaí 'Golden' produzido na Chapada do Apodi*. Mossoró: UFERSA. 60p. (Monografia de graduação).

COSTA FB. 2005. *Injúria mecânica e qualidade pós-colheita da banana Prata Anã produzida no Norte de Minas Gerais*. Viçosa: UFV. 49p. (Tese mestrado).

COSTA FB; SIMÕES AN; MOREIRA SI; SOUZA DD; FREITAS MA; SANTOS RHS; PUSCHMAN R. 2006a. Processamento mínimo de morango cultivado organicamente. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTOS E HORTALIÇAS, 4; SIMPÓSIO IBERO-AMERICANO DE VEGETAIS FRESCOS E CORTADOS, 1. *Resumos...* São Pedro: USP/ESALQ.

DEL AGUILA JS; SASAKI FF; HEIFFIG LS; ONGARELLI MG; GALLO CR; JACOMINO AP; KLUGE RA. 2006. Determinação da microflora em rabanetes minimamente processados. *Horticultura Brasileira* 24: 75-78.

EHWALD R; KOWALLICK D; MESHCHERYAKOV AB; KHOLODOVA VP. 1980. Sucrose leakage from isolated parenchyma of sugar beet roots. *Journal of Experimental Botany* 31: 607-620.

ELSTNER EF; KONZE JR. 1976. Effect of point freezing on ethylene and ethane production by sugar beet leak disks. *Nature* 263: 351-352.

FUMIS TF; SAMPAIO AC; PALLAMIN ML; OLIVEIRA OM. 2003. Avaliação tecnológica de nove cultivares de morango na região de Bauru-SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 43. *Resumos...* Recife: SOB (CD-ROM).

GARCÍA MA; MARTINO MN; ZARITIZKY NE. 1998. Plasticized Storch-based coatings to improve to strawberry (*Fragaria x ananassa*) quality and stability. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46: 3758-3767.

GERMANO PML; GERMANO MIS. 2001. *Higiene e vigilância sanitária de alimentos*. São Paulo: Varela. 628 p.

GIL MI; AGUAYO E; KADER AA. 2006. Quality changes and nutrient retention in fresh-cut versus whole fruits during storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54: 4284-4296.

GIL MI; HOLCROFT DM; KADER AA. 1997. Changes in strawberry anthocyanins and other polyphenols in response to carbon dioxide treatments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45: 1662-1667.

GIUSTI MM; WROSLTAD RE. 2001. Anthocyanins: characterization and measurement with the UV-visible spectroscopy. In: WROSLTAD RE (ed.). *Current protocols in food analytical chemistry*. New York: John Wiley & Sons. p. 1-11.

HAFFNER K. 2002. Postharvest quality and processing of strawberries. *Acta Horticulturae* 567: 715-722.

HAVIS AL. 1943. A Developmental Analysis of the Strawberry Fruit. *American Journal of Botany* 30: 311-314.

HERTOG MLATM; BOERRIGTER HAM; VAN DEN BOOGAARD GJPM; TIJSKENS LMM; VAN SCHAIK ACR. 1999. Predicting keeping quality of strawberries (cv. 'Elsanta') packed under modified atmospheres: an integrated model approach. *Postharvest Biology and Technology* 15: 1-12.

HODGES DM; TOIVONEN PMA. 2008. Quality of fresh-cut fruits and vegetables as affected by exposure to abiotic stress. *Postharvest Biology and Technology* 48: 155-162.

HODGES DM; WISMER WV; FORNEY CF. 2000. Processing line effects on storage attributes of fresh spinach leaves. *HortScience* 35: 1308-1311.

HOLCROFT DM; KADER AA. 1999. Carbon dioxide-induced changes in color and anthocyanin synthesis of stored strawberry fruit. *HortScience* 34: 1244-1248.

HOLCROFT DM; KADER AA. 1999. Controlled atmosphere-induced changes in pH and organic acid metabolism may affect color of stored strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 17: 19-32.

HOLTZ SG. 2006. Aplicação de ozônio e de revestimentos comestíveis em morangos (*Fragaria ananassa* Duch.) minimamente processados. Viçosa: UFV. 93p. (Tese mestrado).

HOWARD LR; GRIFFIN LE. 1993. Lignin formation and surface discoloration of minimally processed carrot sticks. *Journal of Food Science* 58: 1065-1067.

ISLAN MN; COLON T; VARGAS T. 1993. Effect of prolonged solar exposure on the vitamin C contents of tropical fruits. *Food Chemistry* 48: 75-78.

KADER AA. 1991. Quality and its maintenance in relation to the postharvest physiology of strawberry. In: LUBY JJ; DALE A (eds.). *The strawberry into the 21st century*. Portland: Timber Press. p. 145-152.

KAMPERIDOU I; VASILAKAKIS M. 2006. Effect of propagation material on some quality attributes of strawberry fruit (*Fragaria x ananassa*, var. Selva). *Scientia Horticulturae* 107: 137-142.

KE D; SALTVEIT ME. 1989. Wound-induced ethylene production, phenolic metabolism and susceptibility to russet spotting in iceberg lettuce. *Physiologia Plantarum* 76: 412-418.

KOSAR M; KAFKAS E; PAYDAS S; HÜSNÜ CAN BASER K. 2004. Phenolic composition of strawberry genotypes at different maturation stages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52: 1586-1589.

LAMIKANRA O; RICHARD OA. 2002. Effect of storage on some volatile aroma compounds in fresh-cut cantaloupe melon. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50: 4043-4047.

LEE SK; KADER AA. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology* 20: 207-220.

LESTER GE. 2003. Oxidative stress affecting fruit senescence. In: HODGES DM (ed.). *Postharvest oxidative stress in horticultural crops*. Binghamton, New York: The Haworth Press Inc. p. 113-129.

LIMA LCO. 1999. Qualidade, colheita e manuseio pós-colheita de frutos de morangueiro. *Informe Agropecuário* 20: 80-83.

LOPES-DA-SILVA F; DE PASCUAL-TERESA S; RIVAS-GONZALO J; SANTOS-BUELGA C. 2002. Identification of anthocyanin pigments in strawberry (cv Camarosa) by LC using DAD and ESI-MS detection. *European Food Research and Technology* 214: 248-253.

MAALEKUU K; ELKIND Y; LEIKIN-FRENKEL A; LURIE S; FALLIK ELAZAR. 2006. The relationship between water loss, lipid content, membrane integrity and LOX activity in ripe pepper fruit after storage. *Postharvest Biology and Technology* 42: 248-255.

MAISTRO LC. 2001. Alface minimamente processada: uma revisão. *Revista de Nutrição* 14: 219-224.

MALGARIM MB; CANTILLANO RFF; COUTINHO EF. 2006. Sistemas e condições de colheita e armazenamento na qualidade de morangos cv. Camarosa. *Revista Brasileira de Fruticultura* 28: 185-189.

MANNING K. 1993. Soft fruit. In: SEYMOUR GB; TAYLOR JE; TUCKER GA. (eds.). *Biochemistry of fruit ripening*. London: Chapman and Hall. p. 347-377.

MORETTI CL. 2007. Laboratório de pós-colheita, Embrapa hortaliças. Disponível em: <www.cnph.embrapa.br/public/textos/texto7.html> Acesso em 30 de dezembro de 2008.

MORETTI CL; PINELI LO. 2005. Qualidade química e física de berinjelas submetidas a diferentes tratamentos pós-colheita. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 25: 339-344.

MYUNG K; HAMILTON-KEMP TR; ARCHBOLD DD. 2006. Biosynthesis of trans-2-hexenal in response to wounding in strawberry fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54: 1442-1448.

NADAS A; OLMO M; GARCÍA JM. 2003. Growth of *Botrytis cinerea* and strawberry quality in ozone-enriched atmospheres. *Journal of Food Science* 68: 1798-1802.

NUNES MCN; BRECHT JK; MORAIS AMMB; SARGENT SA. 1995. Physical and chemical quality characteristics of strawberry after storage are reduced by a short delay to cooling. *Postharvest Biology and Technology* 6: 17-28.

NUNES MCN; BRECHT JK; MORAIS AMMB; SARGENT SA. 1998. Controlling temperature and water loss to maintain ascorbic acid levels in strawberries during postharvest handling. *Journal of Food Science* 63: 1033-1036.

OLIVEIRA ECM; VALLE RHPD. 2000. Aspectos microbiológicos dos produtos hortícolas minimamente processados. *Higiene e Alimentar* 14: 50-54.

PARK S; STAN SD; DAESCHEL MA; ZHAO Y. 2005. Antifungal coatings on fresh strawberries (*Fragaria x ananassa*) to control mold growth during cold storage. *Journal of Food Science* 70: 202-207.

PARKIN KL; KUO S. 1989. Chilling-induced lipid degradation in cucumber (*Cucumis sativa* L. cv Hybrid C) fruit. *Plant Physiology* 90: 1049-1056.

PAZINATO BC. 1999. Processamento do morango. In: DUARTE-FILHO J; CANÇADO GMA; REGINA MA; ANTUNES LD; FADINI MAM. *Morango: tecnologia de produção e processamento*. Caldas: EPAMIG. p. 187-204.

PIAGENTINI AM; GÜMES DR; PIROVANI ME. 2002. Sensory characteristics of fresh-cut spinach preserved by combined factors methodology. *Journal of Food Science* 67: 1544-1549.

PICCHIONI GA; WATADA AE; ROY S; WHITAKER BD; WERGIN WP. 1994. Membrane lipid metabolism, cell permeability, and ultrastructural changes in lightly processed carrots. *Journal of Food Science* 59: 597-601.

PORTE A; MAIA LH. 2001. Alterações fisiológicas, bioquímicas e microbiológicas de alimentos minimamente processados. *Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos – B. CEPPA* 19: 105-118.

PORTELA SI; CANTWELL MI. 2001. Cutting blade sharpness affects appearance and other quality attributes of fresh-cut cantaloupe melon. *Journal of Food Science* 66: 1265-1270.

PRASANNA V; PRABHA TN; THARANATHAN RN. 2007. Fruit ripening phenomena – An overview. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 47: 1-19.

PUSCHMANN R; COSTA FB; SIMÕES AN; SILVA EO. 2006. História e atualidades sobre pesquisa com processamento mínimo de frutas e hortaliças no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE

PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTOS E HORTALIÇAS, 4; SIMPÓSIO IBERO-AMERICANO DE VEGETAIS FRESCOS E CORTADOS, 1. *Resumos...* São Pedro: USP/ESALQ.

RAGAERT P; DEVLIEGHIERE F; LOOS S; DEWULF J; VAN LANGENHOVE H; FOUBERT I; VANROLLEGHEM PA; DEBEVERE J. 2006. Role of yeast proliferation in the quality degradation of strawberries during refrigerated storage. *International Journal of Food Microbiology* 108: 42-50.

ROLLE R; CHISM GW. 1987. Physiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. *Journal of Food Quality* 10: 157-177.

SANT`ANA A; AZEVEDO DP; COSTA M. 2002. Análise de perigos no processamento mínimo de vegetais. *Revista Higiene Alimentar* 16: 80-84.

SANZ C; PÉREZ AG; OLÍAS R; OLÍAS JM. 1999. Quality of strawberries packed with perforated polypropylene. *Journal of Food Science* 64: 748-752.

SENTHILKUMAR M. 2007. Modelling of CIELAB values in vinyl sulphone dye application using feed-forward neural networks. *Dyes and Pigments* 75: 356-361.

SIMON EW. 1977. Leakage from fruit cells in water. *Journal of Experimental Botany* 28: 1147-1152.

SKURA BJ; POWRIE WD. 1995. Modified atmosphere packing of fruits and vegetables. In: VEGETABLE processing. New York: VCH Publishers. 279p.

SONE K; MOCHIZUKI T; NOGUCHI Y; FINLAY KW; WILKINSON GN. 1999. Variations in ascorbic acid content among strawberry cultivars and their harvest times. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* 68: 1007-1014.

SOUZA ALB; SCALON SPQ; CHITARRA MIF; CHITARRA AB. 1999. Post-harvest application of CaCl₂ in strawberry fruits (*Fragaria ananassa* Dutch cv. Sequóia): evaluation of fruit quality and post-harvest life. *Revista Ciência e Agrotecnologia* 23: 841-848.

STROHECKER RL; HENNING HM. 1967. *Análisis de vitaminas: métodos comprobados*. Madrid: Paz Montalvo, 428p.

STUART NW. 1939. Comparative cold hardiness of scion roots from fifty apple varieties. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* 37: 330-334.

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

VAROQUAUX P; WILEY RC. 1997. Cambios biológicos y bioquímicos en frutas y hortalizas refrigeradas minimamente procesadas. In: WILEY RC (ed) *Frutas y hortalizas refrigeradas minimamente procesadas y refrigeradas*. Zaragoza: Acribia. p. 221-262.

VIEITES RL; EVANGELISTA RM; SILVA CS; MARTINS ML. 2006. Conservação do morango armazenado em atmosfera modificada. *Semina: Ciências Agrárias* 27: 243-252.

VINOKUR Y; RODOV V; HOREV B. 2002. Effect of postharvest factors on the content of ascorbic acid in Israeli varieties of strawberry. *Acta Horticulturae* 567: 763-765.

WADE NL. 1995. Membrane lipid composition and tissue leakage of pre- and early-climateric banana fruit. *Postharvest Biology and Technology* 5: 139-147.

WATADA AE; ABE K; YAMUCHI N. 1990. Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. *Food Technology* 44: 116-122.

WATADA AE; KO NP; MINOTT DA. 1996. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. *Postharvest Biology and Technology* 9: 115-125.

WATERHOUSE A. 2006, 08 de novembro. Folin-Ciocalteu micro method for total phenol in wine. Disponível em: <http://waterhouse.ucdavis.edu/phenol/folinmicro.htm>.

WHITLOW TH; BASSUK NL; RANNEY TG; REICHERT DL. 1992. An improved method for using electrolyte leakage to assess membrane competence in plant tissues. *Plant Physiology* 98: 198-205.

WRIGHT KP; KADER AA. 1997. Effect of slicing and controlled atmosphere storage on the ascorbate content and quality of strawberries and persimmons. *Postharvest Biology and Technology* 10: 39-48.

ZHUANG H; HILDEBRAND DF; BARTH MM. 1997. Temperature influenced lipid peroxidation and deterioration in broccoli buds during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology* 10: 49-58.

CAPÍTULO III

Conservação do morango minimamente processado revestido com quitosana

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estudar as mudanças físicas, químicas, bioquímicas e sensoriais no morango minimamente processado revestido com quitosana durante sua conservação. Morangos cultivar Dover foram minimamente processados e submetidos aos tratamentos controle não sanitizado e sanitizado, revestimentos com quitosana 1,5 e 2 %, quitosana 1,5 % + cloreto de cálcio 2 %, quitosana 1,5 % + amido de milho 3 % ou filme de policloreto de vinila (PVC, 11 μ m). Em seguida, foram acondicionados em bandeja de poliestireno expandido e mantidos a $5\pm 0,5$ °C, sob 90-95 % UR, durante 8 dias, com análises realizadas a cada dois dias. Morangos inteiros e cortados, envolvidos com filme PVC, mostraram-se com menor diferença no índice de cor vermelha durante a conservação, e os valores do croma também foram menores nesse tratamento em relação aos morangos revestidos com quitosana e os controles. A massa fresca acumulada, aos 8 dias, nos morangos inteiros e cortados, envolvidos com filme PVC ficou abaixo de 2 %. O revestimento à base de

quitosana resultou em massa fresca acumulada, ao final da conservação, em torno de 10 e 20 %, nos frutos inteiros e cortados, respectivamente. O sólido solúvel total aumentou nos morangos inteiros e manteve-se praticamente constante nos cortados, em todos os tratamentos. A acidez total titulável dos morangos inteiros, até os 6 dias, diminuiu independentemente dos tratamentos, com e sem revestimento, e manteve-se praticamente constante nos morangos cortados. Independentemente do tratamento, a razão SST/ATT nos morangos cortados foi maior em relação aos frutos inteiros durante a conservação. Nos morangos inteiros e cortados, em todos os tratamentos, houve aumento na atividade das enzimas pectinametilesterase, fenilalanina amônia-ase, polifenoloxidase e peroxidase. Quanto à análise sensorial, os morangos mantiveram o mesmo padrão de qualidade durante a conservação, independente dos tratamentos aplicados.

Palavras-chave: Revestimento comestível, conservação, enzimas oxidativas.

1. INTRODUÇÃO

O uso de quitosana no revestimento de frutas e hortaliças tem sido efetivo em características que influenciam a qualidade do produto, como o aumento de compostos fenólicos e síntese de fitoalexinas específicas no mecanismo de defesa das plantas contra o ataque de fungos ou na redução da atividade de enzimas envolvidas no metabolismo de parede celular como poligalacturonase - PG, pectinametilesterase - PME, celulases, entre outras (Bautista-Baños *et al.*, 2006). Em morangos, por exemplo, o uso de quitosana retardou o aumento da atividade das enzimas envolvidas no mecanismo de escurecimento do tecido vegetal, mantendo a aparência atrativa dos frutos (Zhang & Quantick, 1998; Hernández-Munõz *et al.*, 2008). Esses resultados mostram que o uso da quitosana como revestimento tem sido favorável na manutenção de alguns atributos de qualidade pós-colheita.

Outros tipos de revestimentos comestíveis têm sido promissores na pós-colheita de frutas, inteiras ou cortadas, como na manutenção da cor e da firmeza em morangos revestidos com amido de inhame ou envolvidos com filme PVC (Mali & Grossmann, 2003), menor perda de massa fresca e maior firmeza em morangos revestidos inteiros com suspensão aquosa de fécula de mandioca (Henrique & Cereda, 1999).

O revestimento comestível compreende uma película de espessura variável, constituída por substâncias naturais e, ou sintéticas que se polimerizam e isolam o alimento, sem riscos à saúde do consumidor (Maia *et al.*, 2000). Geralmente, são produzidos a partir de materiais biológicos como proteínas, lipídeos e polissacarídeos (Tanada-Palmu & Grosso, 2005).

As funções desempenhadas pelo uso do revestimento variam com os tipos e combinações de substâncias naturais e sintéticas que podem originar a película (Maia *et al.*, 2000). Naturalmente, a função a ser desempenhada pelo recobrimento comestível depende do produto a ser recoberto e do tipo de deterioração a que este produto está submetido. Na literatura, dentre as funções exercidas pelo revestimento comestível estão a capacidade de inibir perda de água, compostos aromáticos, lipídios ou outros solutos; alteração na difusão de oxigênio e dióxido de carbono; carrear aditivos alimentares e agentes antimicrobianos; e melhorar a integridade mecânica e o manuseio dos alimentos (Xua *et al.*, 2005; Bautista-Baños *et al.*, 2006; Romanazzi *et al.*, 2007).

Nesse sentido os revestimentos comestíveis à base de quitosana despontam como tecnologia que pode ser empregada na manutenção da qualidade de morangos inteiros ou cortados, retardando a deterioração ou desidratação do tecido, desacelerando o metabolismo dos frutos com redução da taxa respiratória, retenção da firmeza e dos compostos que conferem aroma ao produto e inibindo o crescimento microbiano (Park *et al.*, 2005; Campaniello *et al.*, 2008). Para Zhang & Quantick (1998); Park (1999) e Han *et al.* (2004), essa tecnologia pode constituir uma alternativa de extensão da vida útil de frutas frescas, inteiras ou cortadas, com efeito similar à conservação em embalagens com atmosfera modificada, com ajuste da composição gasosa ou formando uma micro-atmosfera na superfície dos produtos, protegendo-os de alterações físicas ou fisiológicas que ocorrem na pós-colheita.

A quitosana é um polissacarídeo natural que apresenta a estrutura química denominada Poli- β -(1 \rightarrow 4)2-acetamido-2-deoxi-D-glicose ou Poli-(N-acetilglicosamina) derivado da quitina, presente principalmente na carapaça de crustáceos. Caracteriza-se por possuir grupos amínicos livres, por ser solúvel em soluções ácidas em pH inferior a 6,5 e por apresentar capacidade de formar soluções viscosas com formação de gel (Damian *et al.*, 2005), formando uma camada fina e semi-permeável quando aplicado na superfície de frutas ou hortaliças.

Em função da capacidade de formar um recobrimento semipermeável, a quitosana pode prolongar a vida útil pós-colheita de frutas, minimizando a taxa respiratória e reduzindo a perda d'água em morango (Devlieghere *et al.*, 2004; Rinaudo, 2006; Bautista-Baños *et al.*, 2006), ou como propriedade antifúngica (Campaniello *et al.*, 2008). O revestimento comestível à base de quitosana em morangos inteiros, conservados a 2°C por uma semana, não afetou a opinião de compra dos consumidores em relação aos frutos controle quanto à cor, sabor, firmeza e aspecto global (Han *et al.*, 2005). Han *et al.* (2004) verificaram manutenção ou perda reduzida do valor nutricional de morangos frescos revestidos com soluções à base de quitosana, mantidos a 2 °C, por 14 dias.

A mudança de cor após a colheita ou mesmo durante a conservação, na superfície de algumas frutas, pode ter origem enzimática, envolvendo a participação de certas enzimas como a fenilalanina amônio-liase (PAL) envolvida na síntese de antocianinas e outros fenólicos (Edahiro *et al.*, 2005) e das enzimas polifenoloxidase - PPO e peroxidase – POD, envolvidas no escurecimento do tecido. O escurecimento pode ocorrer quando a PPO e os compostos fenólicos entram em contato em

consequência de danos sofridos pelos frutos durante a colheita, conservação, ou mesmo no processamento mínimo, a depender do produto. A quebra da integridade física celular acelera a oxigenação dos tecidos e coloca as PPOs, os fenóis e as proteínas em contato direto, acelerando as reações químicas e a formação de melaninas (Lima *et al.*, 2002; Innocenti *et al.*, 2007). A oxidação de fenóis pode resultar também da atividade da POD, que está relacionada, por exemplo, a alterações na cor e ao desenvolvimento de aromas estranhos durante o armazenamento (Hernández *et al.*, 1996).

Em morango minimamente processado, o revestimento comestível à base de quitosana pode ser uma alternativa à conservação, com o desafio de manter os frutos com qualidade por mais tempo. Dessa forma, torna-se necessária a elucidação dos sistemas envolvidos no processamento mínimo do morango e do controle refinado das concentrações de elementos que compõem o revestimento, a fim de reduzir a exposição do tecido vegetal às condições adversas de estresse.

O objetivo deste trabalho foi estudar as mudanças físicas, químicas, bioquímicas e sensoriais no morango minimamente processado revestido com quitosana durante sua conservação.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Processamento mínimo da matéria-prima

Morangos Dover, obtidos no mercado de Viçosa, foram processados como descrito no fluxograma desenvolvido no capítulo II.

2.2 Revestimento comestível

Após o processamento, morangos inteiros ou cortados foram submetidos aos tratamentos de revestimento comestível ou não conforme García *et al.* (1998a), Henrique & Cereda (1999) e Holtz (2006), com modificações, a partir das formulações: I. quitosana 1,5 %; II. quitosana 2 %; III. quitosana 1,5 % + amido de milho 3 % + glicerol 2 %; e, IV. quitosana 1,5 % + cloreto de cálcio (CaCl₂) 2 %. Em todas as formulações foi acrescentado 0,4 % de ácido acético glacial para dissolver a quitosana (Park *et al.*, 2005; Durango *et al.*, 2006). Cada formulação foi aquecida em forno microondas Eletrolux ME28S seguida de agitação em agitador magnético TE-0852. Após consistência gelatinosa, a solução foi vertida em recipiente plástico permanecendo em repouso até atingir a temperatura ambiente. Os morangos foram revestidos por imersão durante 30 segundos e dispostos em grades sob ventilação forçada de ar por 1 a 1,5 h (ventilador Arno PROD), na condição de 18±2 °C e 80-85 % UR, para secagem do revestimento. Após a secagem, os morangos foram distribuídos em bandejas de poliestireno (150x150x18 mm). Os tratamentos controle foram compostos por: I. morango não sanitizado; II. morango sanitizado; e III. morangos acondicionados em bandeja de poliestireno, envolvidos com filme de cloreto de polivinila (PVC) 11 µm. Os morangos revestidos ou não foram mantidos em expositor vertical com circulação de ar forçado (Metalfrio), a 5 °C, sob 90-95 % UR, durante 8 dias e, as análises realizadas a cada dois dias, a partir da montagem dos tratamentos.

2.3 Análises físicas e químicas

- Componentes de cor

Morangos inteiros ou cortados foram avaliados quanto à variação de cor da superfície, com base na escala Cielab recomendada pela *Commision Internationale de L'Éclairage* (CIE), segundo Gil *et al.* (1997) e Holcroft & Kader (1999), tomando-se os valores das coordenadas colorimétricas de L^* , a^* e b^*

(luminosidade com mudança da cor escura/opaca (0) a branca (100), alteração de cor verde (-) para vermelha (+) e alteração de cor azul (-) para amarela (+), respectivamente), com auxílio de um colorímetro portátil digital (Minolta CR-10 Co., Ltd., Japan). Os valores das coordenadas foram utilizados para estimar o índice de cor vermelha $ICV = L^* [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{0,5} \times 10^{8,2} / [b^* \times (L^*)^6]$, adaptado da metodologia descrita por Viscarra Rossel *et al.* (2006), e a cromaticidade ou croma $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{0,5}$, que corresponde à intensidade ou saturação de cor que pode se apresentar como cor impura ou poluída visualmente (0) a cor pura ou menos poluída visualmente (60) (McGuire, 1992; Coccozza, 2003; Kamperidou & Vasilakakis, 2006). As leituras das coordenadas colorimétricas foram realizadas sempre na região equatorial externa do morango, sendo duas leituras por fruto.

- Firmeza

A firmeza foi determinada com auxílio de um texturômetro INSTRON, ponteira de ruptura de 5 mm de diâmetro, programada para penetrar no tecido com uma velocidade de 5 mm s⁻¹, até a profundidade de 5mm. As leituras foram feitas sempre na região equatorial: perfazendo duas leituras em morangos inteiros e uma leitura em morangos cortados. Os resultados foram expressos em força Newton (N).

A massa fresca, sólidos solúveis totais, acidez total titulável, razão SST/ATT e pH foram realizados como descrito no capítulo I.

2.4 Análises enzimáticas

- Pectinametilesterase, PME (E.C. 3.1.1.11)

Cerca de 2 g de morango foram macerados em politron Turrax com 15 mL de NaCl 1 M contendo 10 g L⁻¹ de PVP. A suspensão foi mantida em repouso em tubos de centrífuga, com agitação manual em intervalos de 30 minutos, durante 4 h e centrifugada a 10.000 g, por 30 minutos, a 4 °C. O sobrenadante coletado teve o pH ajustado para 7,5 com NaOH 2 e 0,01 M para a medição de atividade da PME. A atividade foi realizada a partir de uma mistura em tubo de ensaio contendo 600 µL de pectina, 0,5 % (p/v), 200 µL de azul de bromotimol 0,01 % (p/v), e 25 µL de extrato enzimático. Todas as soluções foram ajustadas para pH 7,5 antes do procedimento de dosagem para medir a atividade da enzima. A mistura permaneceu em banho-maria a 37 °C por 15 minutos, e as leituras monitoradas a 620 nm, em espectrofotômetro

Hitachi-U2000, conforme Vicente *et al.* (2005), com modificações. Os resultados da PME foram expressos em equivalentes de ácido galacturônico (EAG) 0,87 mM, produzido na reação ($\text{mmol PME min}^{-1} \text{mg}^{-1}$ proteína).

- *Fenilalanina amônia-liase, PAL (EC 4.3.1.5)*

A extração enzimática foi realizada conforme Ali *et al.* (2007), a partir de 0,5 g de morango homogeneizado em almofariz gelado com 3 mL de solução tampão (pH 7,8) composta de Tris-HCl 20 mM, β -mercapetanol 15 mM, glicerol 20 %, fluoreto de fenilmetilsulfonil (PMSF) 1 mM e Triton X-100 1 % (v/v). A amostra foi centrifugada a 19.000 g por 20 minutos a 4 °C e o sobrenadante utilizado para medir a atividade da PAL, estimada a partir da reação de 1,4 mL de Tris-HCl 100 mM (pH 8,8) contendo L-fenilalanina 11 mM, durante 15 minutos, a 30°C. A formação do ácido *trans*-cinâmico foi monitorado a 290 nm, e os resultados estimados por meio de curva padrão do ácido cinâmico 5 mM. A atividade da enzima foi expressa em $\text{mmol PAL min}^{-1} \text{mg}^{-1}$ proteína, como descrito por Ali *et al.* (2007), com modificações.

- *Polifenol oxidase, PPO (E.C. 1.10.3.1)*

A extração para a determinação da atividade enzimática foi realizada a partir de 2 g de morango, macerados em politron Turrax com 12 mL de solução tampão com pH 5,5 contendo acetato de sódio 50 mM, Triton X-100 6 %, ácido etilenodiamino tetra-acético – EDTA 2 mM, fluoreto de fenilmetilsulfonil – PMSF 1 mM e cloreto de magnésio 1 mM. A suspensão foi mantida em repouso por 10 minutos, filtrada em 4 camadas de gaze, mantida novamente em repouso por 20 minutos e centrifugada a 14.000 g, por 20 minutos, a 4 °C . O sobrenadante foi utilizado para medir a atividade da PPO a partir da reação em tubo de ensaio contendo 1195 μL de tampão fosfato de sódio 200 mM (pH 6,5), 300 μL de catecol 200 mM e 5 μL de extrato enzimático. A reação ocorreu em banho-maria a 30 °C por 2 minutos, as leituras monitoradas a 475 nm e os resultados expressos em $\text{UE PPO min}^{-1} \text{mg}^{-1}$ proteína (Wisse-mann & Lee, 1980; Aydin & Kadioglu, 2001), com adaptações para morango.

- *Peroxidase, POD (E.C. 1.11.1.7)*

O procedimento de extração da POD foi o mesmo empregado para a PPO. O sobrenadante foi utilizado para medir a atividade da POD a partir da reação

em tubo de ensaio contendo 1250 μL de tampão fosfato de sódio 200 mM (pH 6,5), 1000 μL de guiacol 40 mM, 500 μL de peróxido de hidrogênio 26 mM e 250 μL de extrato enzimático. A reação ocorreu em banho-maria a 25 °C, por 60 minutos, as leituras monitoradas a 420 nm e os resultados expressos em UE POD $\text{min}^{-1} \text{mg}^{-1}$ proteína (Wisseemann & Lee, 1980; Aydin & Kadioglu, 2001), com adaptações para morango.

2.5 Determinação do teor de proteína

A proteína presente nos extratos enzimáticos foi determinada pelo método colorimétrico de Bradford, no qual se emprega o corante azul de Comassie BG-250 e a soroalbumina bovina (BSA) como padrão. As leituras da absorbância foram realizadas em espectrofotômetro a 595 nm (Bradford, 1976).

2.6 Avaliação sensorial

A avaliação sensorial foi realizada com painel treinado com 12 avaliadores. Os morangos tiveram sua qualidade total atribuída a uma escala hedônica de notas estruturada com 9 pontos (9 = gostei extremamente e 1 = desgostei extremamente), a partir dos atributos de cor, aroma, sabor e frescor (Quadro 1).

As amostras foram retiradas da câmara fria 2 h antes do início da avaliação, colocadas em temperatura ambiente e codificadas. A análise sensorial foi realizada em uma cabine individual da unidade de processamento de frutas e hortaliças, equipada com luz branca, para avaliar cor, e luz vermelha para avaliar aroma, sabor e firmeza. O aspecto geral foi obtido por meio da estimativa das médias entre as notas atribuídas para cor, aroma, sabor e frescor.

Quadro 1. Escala hedônica de 1 a 9 pontos utilizada na análise sensorial dos atributos de cor, aroma, sabor e frescor no morango inteiro e minimamente processado e inteiro, revestido ou não com quitosana

Nome: _____		Data: ___ / ___ /	

<p>Por gentileza, avalie as amostras utilizando a escala abaixo para descrever o quanto você gostou ou desgostou do morango. Marque a posição da escala que melhor reflita seu julgamento.</p>			
Amostra N° _____		Amostra N° _____	
9. () Gostei extremamente		9. () Gostei extremamente	
8. () Gostei muito		8. () Gostei muito	
7. () Gostei moderadamente		7. () Gostei moderadamente	
6. () Gostei ligeiramente		6. () Gostei ligeiramente	
5. () Não gostei e nem desgostei		5. () Não gostei e nem desgostei	
4. () Desgostei ligeiramente		4. () Desgostei ligeiramente	
3. () Desgostei moderadamente		3. () Desgostei moderadamente	
2. () Desgostei muito		2. () Desgostei muito	
1. () Desgostei extremamente		1. () Desgostei extremamente	
<p>Por gentileza, você compraria esse produto:</p>			
Amostra: _____	() Sim	() Não	() Talvez
Amostra: _____	() Sim	() Não	() Talvez

2.7 Análise estatística

Os tratamentos foram distribuídos em delineamento inteiramente ao acaso com aplicação dos seguintes fatoriais:

- I. Características físicas e químicas, fatorial 7 x 5 (tratamentos – controle não sanitizado, controle sanitizado, filme PVC, quitosana 1,5 %, quitosana 2 %, quitosana 1,5 % + amido de milho 3 % e quitosana 1,5 % + cloreto de cálcio 2 % x tempo de conservação – 0, 2, 4, 6 e 8 dias);
- II. Análise sensorial, fatorial 2 x 3 (morango inteiro ou cortado x tempo de conservação – 0, 2 e 4 dias) ou (morango inteiro revestido ou não com quitosana x tempo de conservação – 0, 2 e 4 dias).

Os cultivares e o número de repetição destinado a cada arranjo experimental foram limitados pela quantidade de matéria-prima, com o mínimo de 3 repetições e a unidade experimental composta de uma bandeja com 150 g de produto.

Os dados foram submetidos à análise de variância com auxílio do programa de computação SAEG 9. Foi aplicado o teste F para avaliação da significância, com posterior aplicação do teste de Tukey, em nível de 5 % de probabilidade, quando pertinente. Para avaliação enzimática utilizou-se estatística descritiva seguida do desvio padrão da média e da diferença mínima significativa (DMS) de 5 %.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Alterações físicas e químicas

Morangos inteiros e cortados, acondicionados em bandeja de poliestireno expandido envolvido com filme PVC, tiveram a menor diferença para os valores estimados de índice de cor vermelha (ICV), variando de 6 a 9,3 (Figura 1) e de 6,3 a 8,2 (Figura 1), respectivamente. Nos frutos inteiros (Figura 1), durante sua conservação, foram observados os maiores incrementos no ICV, em torno de 20 para os tratamentos controle sanitizado (15 a 35), revestido com quitosana 1,5 % (12 a 30) ou 2 % (15 a 35), enquanto nos morangos controle não sanitizado (16 a 32), quitosana + amido de milho (14 a 26) e quitosana + CaCl_2 (23 a 31), os aumentos do ICV ficaram próximos a 16, 12 e 8, respectivamente (Figura 1). Nos frutos cortados (Figura 1), o aumento no ICV, durante sua conservação foi em torno de 7, 12, 8, 12, 2 e 5 para os morangos controle não sanitizado e sanitizado, revestidos com quitosana 1,5 ou 2 %, quitosana + CaCl_2 ou quitosana + amido de milho, respectivamente. O menor valor de ICV nos morangos envolvidos com PVC pode ser atribuído ao filme, visto que nas tomadas de leituras os morangos não foram retirados da embalagem, contribuindo na impureza da cor característica dos frutos.

A estimativa do índice de cor vermelha foi adaptado para morango a partir do modelo matemático proposto por Viscarra Rossel *et al.* (2006), que trabalharam com modelagem de sistema de cor para solos. Esse índice pode ajudar a explicar o efeito visual que se observa nos morangos, principalmente algumas horas após a colheita, quando normalmente os frutos perdem o brilho, diferindo daqueles recém-colhidos, morangos com aspecto de frescor (observação visual e comparativa, dados não mostrados). A perda do vermelho característico nos morangos após a colheita ou conservados em baixa temperatura pode ser observada, também por meio do croma ou saturação de cor exibida pelos frutos.

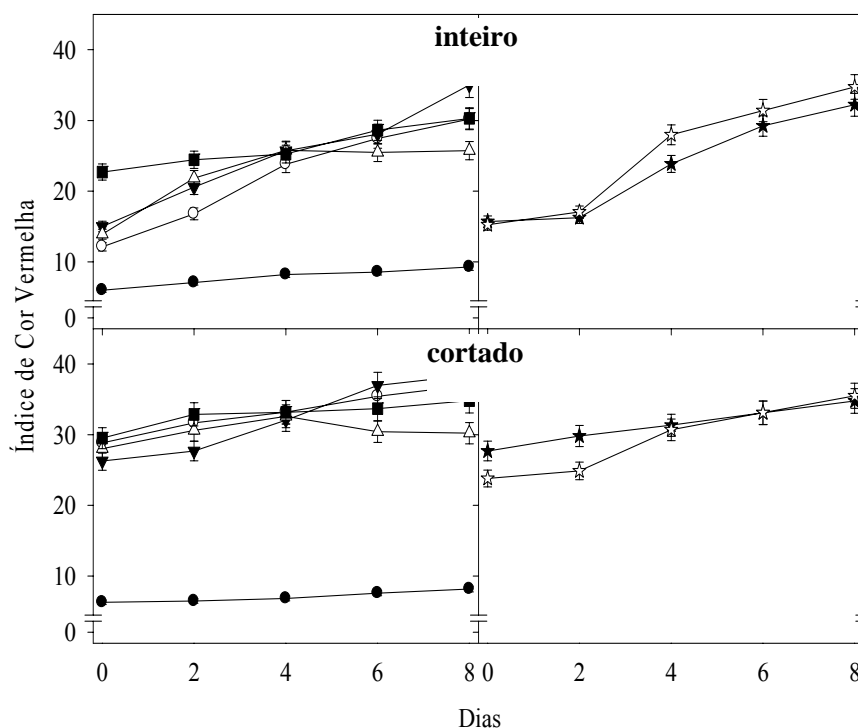


Figura 1. Estimativa do índice de cor vermelha (ICV), a partir dos valores CIE L*, a* e b* de morangos Dover inteiros e cortados, envolvidos com filme PVC 11 μm (●), revestidos com quitosana 1,5 % (○), quitosana 2 % (▼), quitosana + CaCl_2 2 % (■), quitosana + amido de milho 3 % (Δ) e controles não sanitizado (★) e sanitizado (☆), mantidos a $5 \pm 0,5$ °C, sob 90-95 % UR. As barras verticais representam o desvio padrão da média de 5 repetições com DMS igual a 5 %

Para a característica saturação de cor ou croma, os valores estimados para os morangos inteiros e cortados tiveram um decréscimo, durante sua conservação (Figura 2). Os morangos conservados inteiros revestidos com quitosana + CaCl_2 e quitosana + amido de milho mostraram-se com decréscimo ao redor de 11 e 9, respectivamente (Figura 2). Nos frutos tratados com quitosana 1,5 e 2 %, a redução no valor de croma foi cerca de 5 e nos controles não sanitizado e sanitizado em torno de 2. Nos morangos conservados cortados verificou-se uma redução maior nos valores do croma (Figura 2), mostrando que houve uma maior impureza da cor ao longo da conservação; nos frutos revestidos com quitosana + CaCl_2 e quitosana + amido de milho, houve redução em torno de 12, seguidos dos tratamentos quitosana 1,5 ou 2 % com diminuição no croma próximo a 5; e os controles não sanitizado e sanitizado tiveram redução de cerca de 2.

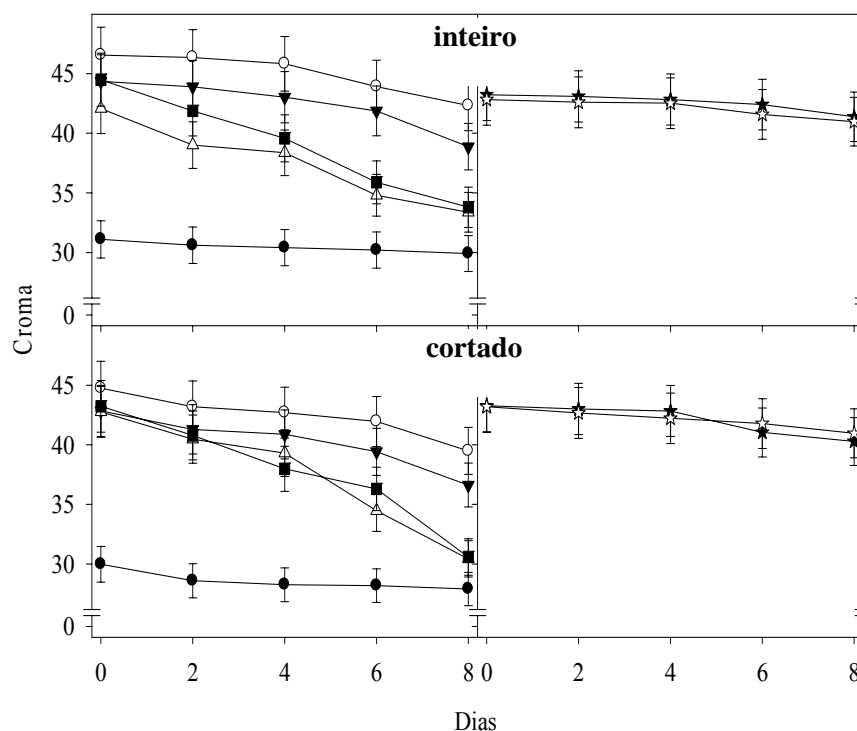


Figura 2. Estimativa do cromata (C), a partir dos valores CIE L*, a* e b* de morangos Dover inteiros e cortados, envolvidos com filme PVC 11 µm (●), revestidos com quitosana 1,5 % (○), quitosana 2 % (▼), quitosana + CaCl₂ 2 % (■), quitosana + amido de milho 3 % (△) e controles não sanitizado (★) e sanitizado (☆), mantidos a 5±0,5 °C, sob 90-95 % UR. As barras verticais representam o desvio padrão da média de 5 repetições com DMS igual a 5 %

Nos morangos inteiros e cortados revestidos à base de quitosana, foi possível verificar que houve aumento na impureza de cor dos frutos, indicado pela saturação de cor na superfície dos morangos, exceto para os frutos dos controles, incluindo os frutos envolvidos com PVC, quando os valores de cromata se mantiveram praticamente constantes durante sua conservação. Essa pureza pode ser definida pela saturação de cor baseada numa escala variável de 0 a 60, em que os valores mais próximos de 0 indicam impureza na cor, menor nitidez, e os valores mais próximo de 60, cor nítida ou pura (Cocoza, 2003). Nos morangos, essas impurezas podem estar associadas ao efeito visual opaco ou à perda de brilho na cor vermelha dos morangos durante sua conservação. O aumento nos teores de antocianinas e de compostos fenólicos ajuda a compreender os possíveis agentes interferentes responsáveis pelo aumento na intensidade de cor vermelha e pela redução na saturação de cor (aumento

de impurezas). Esses efeitos negativos contribuem na escolha do consumidor, principalmente na rejeição daqueles morangos que se apresentam com a cor descaracterizada ou atípica, em relação ao produto recém-colhido fresco.

Em morangos inteiros revestidos ou não com quitosana 1,5 %, mantidos a 20 °C, por 4 dias, o croma variou de 41 a 31 (Hernández-Muñoz *et al.*, 2006). Diferentes formulações de revestimento à base de quitosana em morangos conservados a 10 °C por 6 dias mostraram um decréscimo no valor da cromaticidade dos frutos revestidos em torno de 10 % e do controle em cerca de 30 %, entre o primeiro e o sexto dia de conservação (Hernández-Muñoz *et al.*, 2008). Em morangos revestidos com solução de amido, de carragenato + cloreto de cálcio e de quitosano, observou-se um decréscimo das coordenadas de cromaticidade nos frutos, mantidos a 5°C por 6 dias, provocado pela diminuição da coordenada a*. A coordenada b* diminuiu ligeiramente para todos os frutos estudados, levando a um afastamento da região da cor amarela. Esta diminuição em a* e b* se traduz num vermelho mais escuro, típico de frutos com elevado grau de maturação (Ribeiro *et al.*, 2007). Em estudo de aplicação de revestimentos de amido em morango, foi observada cor constante durante sua conservação por 8 dias (García *et al.*, 2001).

Os morangos envolvidos com filme PVC resultaram em frutos com melhor aparência, principalmente mantendo a cor vermelha característica, como observado no ICV (Figura 1) e no croma (Figura 2), tanto nos morangos inteiros como nos cortados. Tais índices podem ser utilizados na prática como indicadores diretos da qualidade visual dos morangos, principalmente durante a conservação. A diferença de cor de morangos embalados com PVC (15µm) foi menor em relação ao controle não embalado durante sua conservação a 12°C por 10 dias, devido à menor atividade metabólica dos frutos, reduzindo a formação de antocianinas nos morangos embalados com filme de PVC, mantendo-se com cor atrativa, semelhante a morangos recém-colhidos (Yamashita *et al.*, 2006).

A perda de massa fresca, ao final do período de conservação, nos morangos inteiros ou cortados, envolvidos com filme PVC, foi cerca de 1 % (Figura 3) e 2 % (Figura 3), respectivamente. Nos demais tratamentos submetidos ao revestimento à base de quitosana, a massa fresca acumulada ao final do período de conservação foi em torno de 10 e 22 % nos frutos inteiros e cortados, respectivamente. Essa elevada perda de massa fresca nos morangos cortados revestidos com quitosana ou não foi mais evidente na região do corte, com aparência

ressecada e enrugada nesta região. Os frutos controle (Figura 3) mostraram o mesmo teor de perda de massa fresca dos morangos revestidos com solução à base de quitosana. Isso mostra que o uso de quitosana nas condições deste trabalho não foi eficiente na retenção da massa fresca dos morangos. Uma explicação para esse comportamento se deve à transferência de vapor de água pela parte hidrofílica do revestimento, mostrando que a permeabilidade ao vapor de água depende da razão entre os componentes hidrofílico/hidrofóbico (Ribeiro *et al.*, 2007).

Os polissacarídeos apresentam boas propriedades de formação de filmes e boa barreira aos gases, porém, sendo hidrofílicos, não proporcionam barreira eficiente para a perda de água ou de massa fresca (Kester & Fennema, 1986; Park *et al.*, 2005). Em morangos revestidos com quitosana 2 % ou hidróxi-propil-metil-celulose (HMPC) 1 %, foi constatada perda de massa fresca acumulada em torno de 20 %, mantidos a 4°C até os 12 dias, e de cerca de 40 %, ao final dos 23 dias de conservação (Park *et al.*, 2005). O mesmo comportamento foi observado em morangos revestidos com quitosana 0,5 %, mantidos a 7°C por 12 dias, com aumento na perda de massa fresca em cerca de 20 % (Devlieghere *et al.*, 2004). Han *et al.* (2004) também verificaram aumento na perda de massa fresca, próximo a 12 % em morangos com revestimento à base de quitosana, a 2 °C, por 14 dias. No trabalho apresentado por Holtz (2006), foi observada menor perda de massa fresca acumulada, cerca de 1 %, nos morangos revestidos com suspensão de fécula de mandioca a 3 % ou de amido de milho a 3 %, acondicionados em copos plásticos com tampa e mantidos a 5 °C, por 15 dias, possivelmente por ação da embalagem e não do revestimento isoladamente. Neste caso, trabalhos devem ser realizados no intuito de mostrar o comportamento conjunto do revestimento comestível à base de quitosana com algum tipo de embalagem plástica, pouco permeável ao vapor de água. Um estudo mostrou perda de massa fresca acumulada em torno de 3 e 40 %, com o uso de filme (PVC) ou de revestimentos à base de glúten em morangos inteiros, mantidos a 7 °C, por 12 dias, respectivamente (Tanada-Palmu & Grosso, 2005).

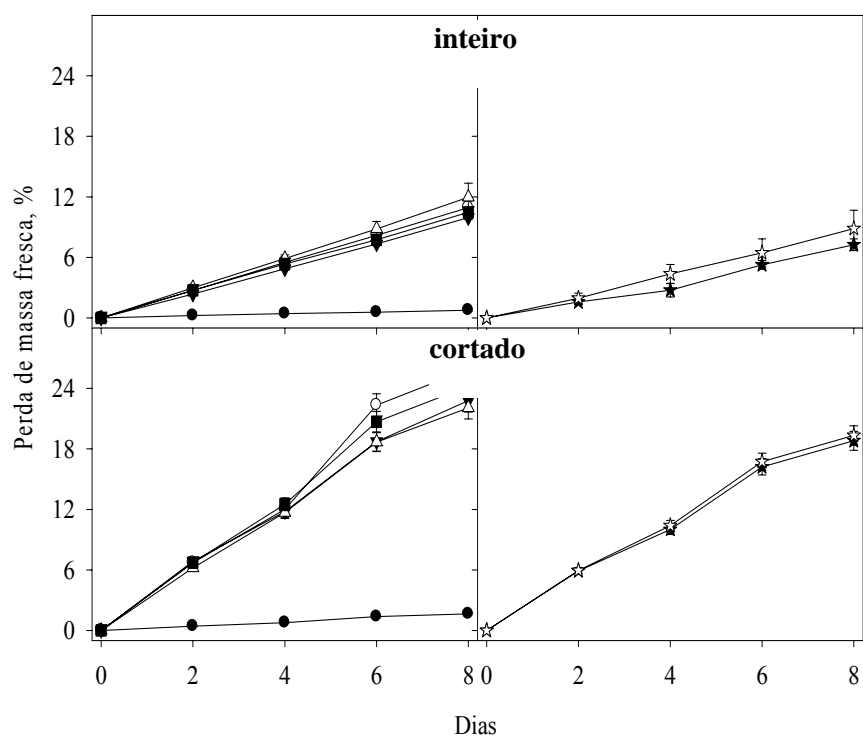


Figura 3. Perda de massa fresca (%) de morangos Dover inteiros e cortados, envolvidos com filme PVC 11 µm (●), revestidos com quitosana 1,5 % (○), quitosana 2 % (▼), quitosana + CaCl₂ 2 % (■), quitosana + amido de milho 3 % (△) e controles não sanitizado (★) e sanitizado (☆), mantidos a 5±0,5 °C, sob 90-95 % UR. As barras verticais representam o desvio padrão da média de 5 repetições com DMS igual a 5 %

Os filmes de PVC de fácil manuseio e de baixo custo operacional são largamente empregados na embalagem de frutas e hortaliças *in natura* ou minimamente processadas, impedindo a desidratação excessiva do produto durante sua conservação. O PVC é uma barreira ao vapor de água, reduzindo a taxa de perda de massa do morango, além de criar no interior da embalagem uma atmosfera com alta umidade relativa, diminuindo o déficit de pressão de vapor da água e, conseqüentemente, a taxa de transpiração (Yamashita *et al.*, 2006).

O uso apenas do revestimento comestível durante a conservação não foi suficiente para minimizar a perda de massa fresca observada nos morangos, sendo necessário o emprego associado de algum outro tipo de embalagem para manter a aparência apreciável dos frutos. Neste caso, o uso apenas de bandeja de poliestireno expandido envolvido com filme PVC, nos morangos, foi suficiente para reter em

cerca de 10 vezes a perda de massa fresca, quando comparados aos frutos dos controles ou revestidos à base de quitosana.

Quanto ao teor de sólidos solúveis totais, durante a conservação, nos morangos inteiros ou cortados, os valores variaram de 6,5 a 9,5 % (Figura 4) e de 7 a 9 % (Figura 4), respectivamente. Um incremento ligeiramente maior (3 %) foi observado nos morangos inteiros, revestidos com quitosana 1,5 e 2 %, durante sua conservação (Figura 4). Nos morangos cortados, houve incremento no teor de SST ao longo da conservação, porém menor, até 2 % nos frutos controles não sanitizado e sanitizado e nos revestidos com quitosana + CaCl₂ ou quitosana + amido de milho. Nos demais tratamentos, o teor de SST variou pouco ou se manteve praticamente constante (Figura 4). Esse incremento observado no SST, com o tempo de conservação, pode estar fortemente associado à desidratação do tecido.

O teor de SST de morangos inteiros acondicionados em filme PVC ou revestidos em solução à base de glúten aumentou em cerca de 2 e 5 %, respectivamente, com o tempo de conservação, a 7-10 °C, por 16 dias (Tanada-Palmu & Grosso, 2005). Em morangos conservados a 18 °C por 4 dias, em filme PVC (35µm), houve um decréscimo no SST próximo a 2 % (García *et al.*, 1998b), pois os frutos utilizam açúcares como fonte de energia para manter a atividade metabólica, principalmente com o aumento da taxa respiratório durante sua conservação (García *et al.*, 1998b; Yamashita *et al.*, 2006; Hernández-Muñoz *et al.*, 2008). O mesmo decréscimo no teor de SST foi constatado por Yamashita *et al.* (2006), em morangos envolvidos com filme PVC (15 µm), mantidos a 12 °C, por 10 dias. O uso do filme PVC ou do revestimento comestível pouco permeável ao vapor de água reduziu o metabolismo da banana e da manga durante sua conservação a 27 °C (Kittur *et al.*, 2001).

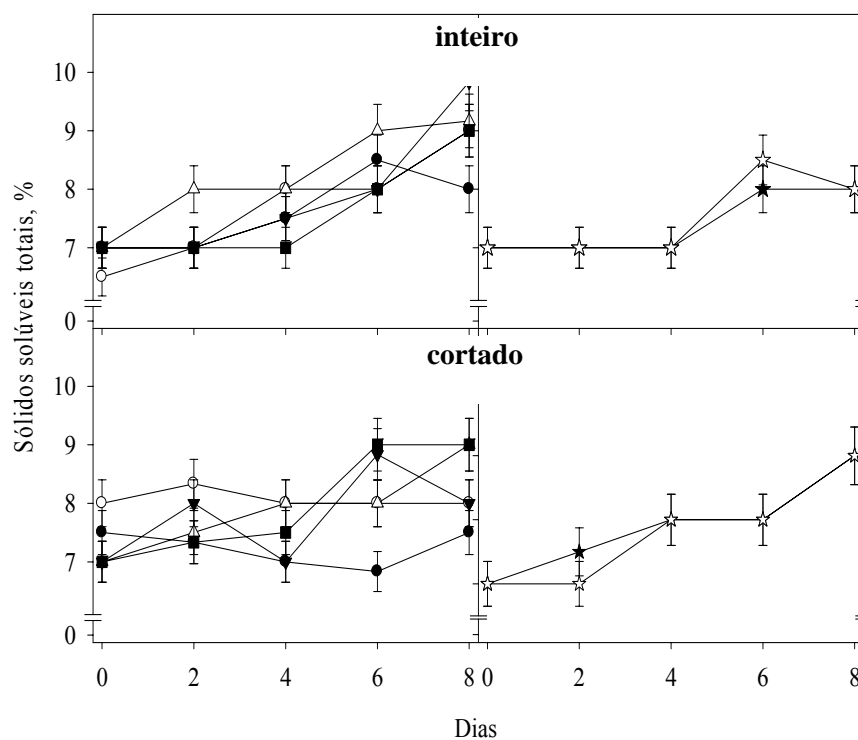


Figura 4. Sólidos solúveis totais (%) de morangos Dover inteiros e cortados, envolvidos com filme PVC 11 μm (●), revestidos com quitosana 1,5 % (○), quitosana 2 % (▼), quitosana + CaCl₂ 2 % (■), quitosana + amido de milho 3 % (△) e controles não sanitizado (★) e sanitizado (☆), mantidos a $5\pm 0,5$ °C, sob 90-95% UR. As barras verticais representam o desvio padrão da média de 5 repetições com DMS igual a 5 %

Durante a conservação, os morangos inteiros, até os 6 dias, mostraram tendência de queda nos teores de ATT ou pequena variação, independente dos tratamentos com ou sem revestimento à base de quitosana (Figura 5). Nos morangos cortados, revestidos ou não, os teores de ATT mantiveram-se praticamente constantes ou apresentaram variações mínimas durante os 8 dias de conservação. Isso pode ser atribuído ao estágio de amadurecimento dos frutos amostrados durante o tempo de sua conservação, com variações nos teores de acidez entre os morangos amostrados para cada dia de análise. A queda nos teores de ATT pode explicada pela utilização dos ácidos orgânicos como substrato na respiração (Nunes *et al.*, 1995; Yamashita *et al.*, 2006).

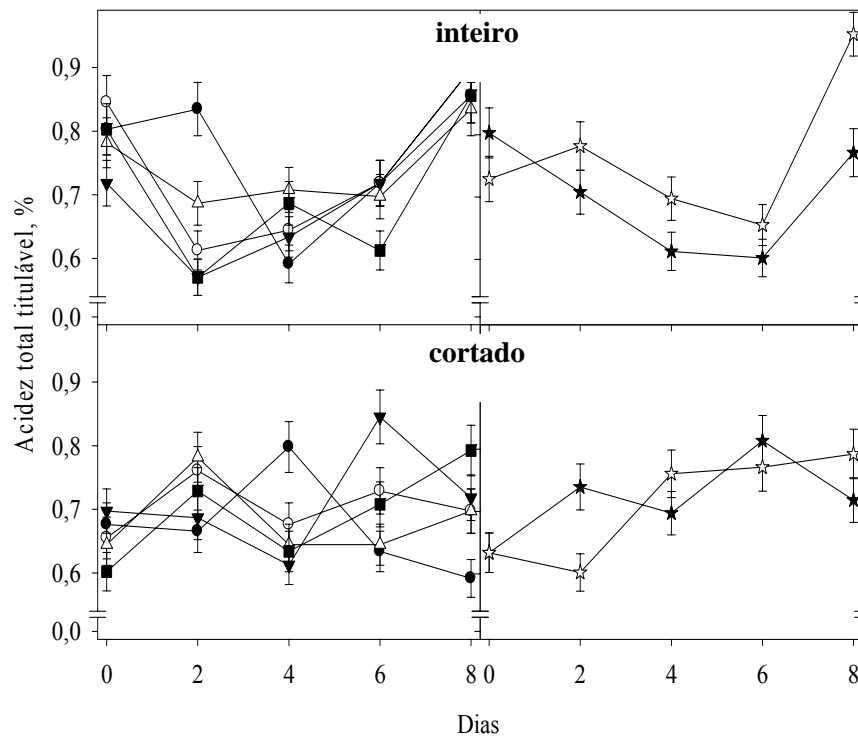


Figura 5. Acidez total titulável (%) de morangos Dover inteiros e cortados, envolvidos com filme PVC 11 μm (●), revestidos com quitosana 1,5 % (○), quitosana 2 % (▼), quitosana + CaCl_2 2 % (■), quitosana + amido de milho 3 % (Δ) e controles não sanitizado (★) e sanitizado (☆), mantidos a $5\pm 0,5$ °C, sob 90-95 % UR. As barras verticais representam o desvio padrão da média de 5 repetições com DMS igual a 5 %

Em morangos inteiros revestidos com quitosana ou formulação à base de amido foi observado decréscimo na ATT durante o tempo de conservação (El Gaouth *et al.*, 1991; García *et al.*, 1998ab). Os teores de ATT de morangos inteiros acondicionados em filme PVC ou revestidos em solução à base de glúten diminuíram do início para o final da conservação, a 7 °C, por 16 dias, variando de 1,13 para 0,67 % e de 0,81 para 0,64 %, respectivamente (Tanada-Palmu & Grosso, 2005). Em morangos envolvidos com filme PVC (15 μm), mantidos a 12 °C por 10 dias, os teores de ATT mantiveram-se constantes (Yamashita *et al.*, 2006).

Os ácidos orgânicos não voláteis são os componentes mais importantes responsáveis pelo sabor nos morangos, depois dos açúcares solúveis, segundo Cordenunsi *et al.* (2003) e, portanto, ajudam a definir a decisão dos consumidores quanto ao sabor dos frutos. Neste trabalho, os teores de acidez não mostraram com tendência definida, ao longo do tempo de conservação, para os morangos inteiros. Na

prática, esse comportamento não define claramente o sabor dos frutos durante sua conservação.

No que concerne à razão SST/ATT, verificou-se incremento maior da razão SST/ATT nos morangos inteiros aos 2 dias e, a partir deste dia até o final da conservação, a razão SST/ATT manteve-se praticamente constante (Figura 6). Nos morangos cortados, a razão SST/ATT se iniciou com valores maiores em relação aos frutos inteiros, independente do tratamento, mantendo-se praticamente constante até o final do período de conservação (Figura 6). Os valores da razão SST/ATT nos morangos inteiros, revestidos com quitosana + CaCl₂ ou quitosana + amido de milho, aos 6 dias, foram maiores, próximos a 13, em relação aos demais tratamentos. Isso pode ter sido devido à relação entre os constituintes que formam essa razão, logo, se o teor de SST foi alto (Figura 4) e da ATT foi baixa (Figura 5) é natural que a razão entre eles resulte em valores maiores. As possíveis causas de variação na razão SST/ATT podem ser atribuídas ao comportamento de cada um dos constituintes frente à condição experimental a que foram submetidos os morangos, como explicado anteriormente para cada característica.

A razão SST/ATT para o morango Dover inteiro ou cortado em todos os tratamentos indica morangos com sabor suave a bom, com valor de SST igual ou acima de 7 % e ATT baixa, variando entre 0,6 e 1 %. Tal condição permite o consumo dos frutos tanto *in natura*, direcionado à mesa do consumidor, como para a indústria.

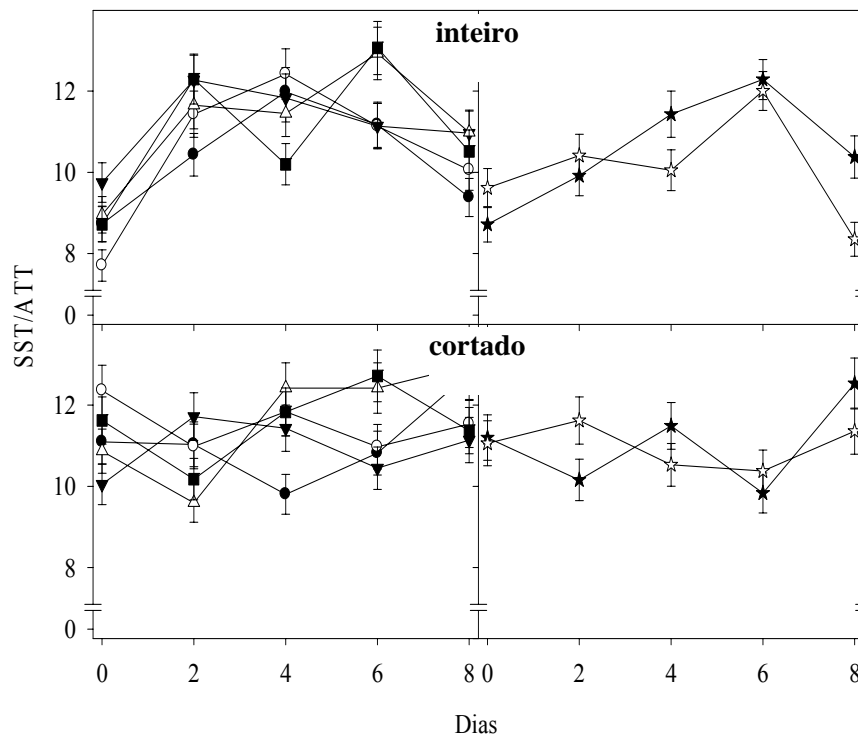


Figura 6. Razão SST/ATT de morangos Dover inteiros e cortados, envolvidos com filme PVC 11 μm (●), revestidos com quitosana 1,5 % (○), quitosana 2 % (▼), quitosana + CaCl_2 2 % (■), quitosana + amido de milho 3 % (Δ) e controles não sanitizado (★) e sanitizado (☆), mantidos a $5 \pm 0,05$ °C, sob 90-95 % UR. As barras verticais representam o desvio padrão da média de 5 repetições com DMS igual a 5 %

A firmeza nos frutos inteiros e cortados, revestidos ou não, diminuiu com o tempo de conservação (Figura 7). Nos morangos inteiros (Figura 7), a maior diferença na redução da firmeza, de cerca de 20 %, foi obtida para os morangos revestidos com quitosana + CaCl_2 (6,2 a 4,8 N), quitosana 1,5 % (7,5 a 6,1 N) e 2 % (7 a 5,6 N), quitosana + amido de milho (7,4 a 6,1 N); e redução em torno de 15 % nos controles não sanitizado (6,8 a 5,8 N) e sanitizado (6,8 a 5,7 N). A menor diferença, de cerca de 8% de redução na firmeza, foi encontrada nos morangos acondicionados em bandeja de poliestireno envolvida com filme PVC (6,9 a 6,3 N). A maior diferença foi detectada para os morangos cortados em relação aos frutos inteiros (Figura 7), variando em torno de 35% naqueles revestidos com quitosana + amido de milho (7,1 a 4,7 N) e de 25 % nos controles não sanitizado (6,6 a 4,8 N) e sanitizado (6,5 a 4,8 N), nos revestidos com quitosana 1,5% (7 a 5,2 N) e 2 % (6,7 a 5 N) e nos tratados com quitosana + CaCl_2 (6 a 4,4 N). A menor diferença, de cerca

de 20 % de redução na firmeza, foi observada nos morangos acondicionados em bandeja de poliestireno expandido envolvida com filme PVC (6,6 a 5,3 N).

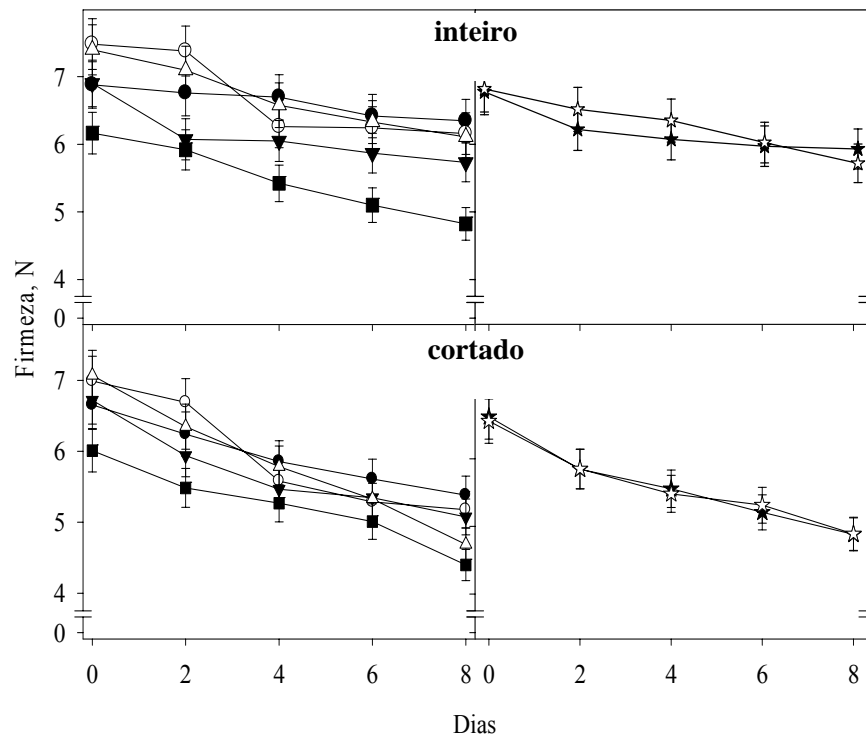


Figura 7. Firmeza de morangos Dover inteiros e cortados, envolvidos com filme PVC 11 μm (●), revestidos com quitosana 1,5 % (○), quitosana 2 % (▼), quitosana + CaCl_2 2 % (■), quitosana + amido de milho 3 % (Δ) e controles não sanitizado (★) e sanitizado (☆), mantidos a $5 \pm 0,5$ °C, sob 90-95 % UR. As barras verticais representam o desvio padrão da média de 5 repetições com DMS igual a 5 %

Normalmente, os tratamentos pré ou pós-colheita com cálcio têm sido utilizados em frutas para prolongar o período de conservação, uma vez que o cálcio altera processos intra e extracelulares envolvidos no amadurecimento e na senescência, como taxas de respiração e de produção de etileno, alterações na cor, nos teores de açúcares e de ácidos orgânicos totais, na firmeza da polpa de frutas e na atividade de enzimas como pectinametilsterase (Siddiqui & Bangerth, 1995; Lima *et al.*, 2002).

O revestimento com quitosana e cálcio (quitosana + CaCl_2) mostrou menor firmeza durante a conservação, possivelmente devido à ruptura da estrutura semi-permeável do revestimento na superfície dos frutos, principalmente na região de inserção dos frutos (aquênios), no receptáculo ou fruto, mostrando efeito contrário

ao esperado para frutas tratadas com cálcio, ou pelo excesso da perda de massa fresca pelos frutos (Figura 3).

Morangos revestidos com soluções de carragenato + cloreto de cálcio, de quitosano e de quitosano + cloreto de cálcio apresentaram menor variação, de cerca de 5 %, na firmeza de frutos mantidos a 5 °C, por 6 dias (Ribeiro *et al.*, 2007). Redução de firmeza foi constatada por Han *et al.* (2004), em morangos com revestimento à base de quitosana, mantidos a 2°C, por 14 dias, com valores variando entre o início e o final da conservação para frutos controle (30 a 18 N), quitosana (32 a 19 N), quitosana + gliconato de cálcio (33 a 24 N) ou quitosana + vitamina E (30 a 20 N).

Em morangos revestidos com suspensão de fécula de mandioca a 3 % ou de amido de milho a 3 %, acondicionados em copos plásticos com tampa e mantidos a 5 °C por 15 dias, não foi observada diferença na firmeza dos frutos (Holtz, 2006). Yamashita *et al.* (2006), estudaram morangos embalados em filme PVC (15µm), mantidos a 12 °C por 10 dias e não detectaram influência do tratamento sobre a firmeza dos frutos, ao longo do tempo, em relação aos controles. Em morangos conservados em filme PVC (35µm), a 18°C por 4 dias, houve um decréscimo na firmeza, em torno de 20 %, variando do primeiro dia para o quarto dia de conservação em 20 para 16 N, respectivamente (García *et al.*, 1998b). A menor queda da firmeza observada nos morangos acondicionados em bandeja de poliestireno expandido envolvida com filme PVC pode ser devida à menor perda de massa fresca observada nesse tratamento em relação aos controles e frutos revestidos com quitosana, principalmente naqueles morangos cortados, com perda de massa excessiva, acima de 20 % (Figura 3).

A perda de firmeza nas frutas está diretamente ligada à degradação da parede celular e à perda de turgescência das células no tecido (Reddy *et al.*, 2000). A degradação da parede celular está relacionada com o aumento da atividade de enzimas endógenas que degradam o material péctico, tais como a poligalacturonase e a pectinametilesterase ou deve-se à redução da pressão de turgescência, que diminui com a perda de água ou à desidratação provocada pela transpiração nos tecidos durante a conservação. A mudança na firmeza de morangos Camarosa mantidos a 4°C durante 10 dias de conservação foi atribuída à senescência do tecido, com degradação de parede celular e perda excessiva de massa fresca (Vargas *et al.*, 2006).

Portanto, durante a conservação, morangos inteiros e cortados, envolvidos com filme PVC, mantiveram-se com qualidade física e química, principalmente com redução da massa fresca e da firmeza, mostrando a adequação dessa tecnologia frente ao revestimento à base de quitosana, nas condições em que este trabalho foi desenvolvido.

3.2 Atividade da pectinametilesterase

A atividade da enzima pectinametilesterase (PME) aumentou com o tempo de conservação nos morangos inteiros e cortados (Figura 8), com os cortados mostrando maior atividade em relação aos inteiros, a partir do quarto dia (Figura 8B). Nos morangos inteiros (Figura 8), o incremento na atividade da PME foi maior na ordem dos tratamentos controle não sanitizado ou sanitizado (0,53 a 0,77 $\mu\text{mol min}^{-1} \text{mg}^{-1}$ proteína) e sanitizado com água (0,51 a 0,72 $\mu\text{mol min}^{-1} \text{mg}^{-1}$ proteína), revestidos com quitosana 1,5 % (0,51 a 0,67 $\mu\text{mol min}^{-1} \text{mg}^{-1}$ proteína) ou envolvidos com filme PVC (0,45 a 0,62 $\mu\text{mol min}^{-1} \text{mg}^{-1}$ proteína). Enquanto nos morangos cortados (Figura 8B), o aumento na atividade da PME foi maior nos controles não sanitizado (0,55 a 0,85 $\mu\text{mol min}^{-1} \text{mg}^{-1}$ proteína) e sanitizado (0,53 a 0,93 $\mu\text{mol min}^{-1} \text{mg}^{-1}$ proteína), revestidos com quitosana 1,5 % (0,54 a 0,8 $\mu\text{mol min}^{-1} \text{mg}^{-1}$ proteína) ou envolvido com filme PVC (0,48 a 0,71 $\mu\text{mol min}^{-1} \text{mg}^{-1}$ proteína), ele foi menor.

O amadurecimento do morango ocorre concomitantemente com as modificações da estabilização catiônica de polímeros pécticos (Neal, 1965), com a biossíntese de pectinas durante o amadurecimento (Huber, 1984). Os polímeros sintetizados recentemente estariam menos firmemente aderidos à parede celular, o que resultaria no aumento de pectinas solúveis. Logo, o enfraquecimento da parede celular e a solubilização da lamela média durante o amadurecimento diminuem a coesão entre as células (Lara *et al.*, 2004). Em morangos, o amaciamento do tecido tem sido associado à degradação da lamela média de células do parênquima cortical, com aumento da solubilização de pectinas (Hernández-Muñoz *et al.*, 2008), devido ao aumento da atividade de pectinametilesterase (PME), β -galactosidase e celulases presentes nas células, juntamente com a perda de água (Manning, 1993; Vicente *et al.*, 2005).

As mudanças bioquímicas associadas ao amadurecimento envolvem alterações estruturais múltiplas da parede celular que afetam as pectinas e os arranjos celulose-xiloglucano (Redgwell *et al.*, 1997), resultando no aumento da solubilização de poliuranídeo e hemicelulose. Diferentemente de outros frutos, o morango apresenta solubilização de pectinas com baixa atividade de poligalacturonase (PG) (Nogata *et al.*, 1993), que está relacionada à redução aparente no tamanho molecular de polímeros pécticos durante o amadurecimento de várias frutas (Hadfield & Bennett, 1998; Lara *et al.*, 2004).

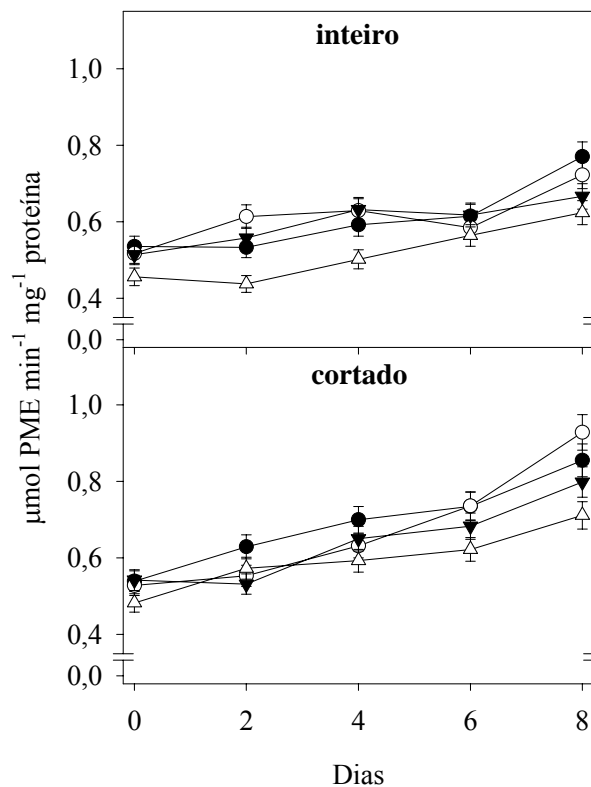


Figura 8. Atividade da Pectinametilesterase (PME) de morangos Dover inteiros e cortados; não sanitizados (●), sanitizados (○), revestidos com quitosana 1,5 % (▼) e envolvidos com filme PVC 11 μm (Δ), mantidos a 5 °C, sob 90-95 % UR. As barras verticais representam o desvio padrão da média de 3 repetições com DMS igual a 5 %

A PME catalisa a desesterificação dos resíduos de galacturonosil presentes no polímero homogalacturonano de ácido galacturônico, no qual o grupo carboxílico se encontra metilesterificado, atuando nos finais redutores e no interior

das cadeias pécicas com alto grau de esterificação (Abu-Sarra & Abu-Goukh 1992). Para Bicalho *et al.* (2000), a atividade da PME preceda a atividade da PG, uma vez que a PME atua na desmetilação do poliuronídeo. Assim, a PG teria maior afinidade pelo substrato linear desmetilado após a atuação da PME. Dessa forma, a PG, encontrada na maioria dos frutos, catalisa a hidrólise das ligações β -1,4 entre os resíduos de ácido galacturônico no interior da cadeia de pectina (Evangelista *et al.*, 2000).

Em morangos e framboesas frescas, revestidos com quitosana 1 e 2 %, mantidos, a 13 °C, por 5 dias, houve aumento significativo na atividade de quitinase e β -1,3-glicanase em relação aos frutos controle, indicando um reforço do mecanismo de defesa do tecido (Zhang & Quantick, 1998), reduzindo a ação de enzimas de parede celular como poligalacturonase e pectinametilesterase, em tecidos de frutas ou hortaliças, com o uso de quitosana como revestimento (Bautista-Baños *et al.*, 2006).

A atividade da PME nos morangos tratados com PVC confirma o resultado de menor queda da firmeza para esse tratamento, ao longo do período de conservação, em frutos inteiros ou cortados, reforçando mais uma vez a eficiência do filme plástico em reduzir o metabolismo dos morangos durante sua conservação.

3.3 Atividades da fenilalanina amonialiase, polifenoloxidase e peroxidase

Durante o período de conservação, nos morangos inteiros ou cortados, verificou-se aumento na atividade das enzimas PAL (Figura 9), PPO (Figura 10) e POD (Figura 11).

A atividade da PAL nos morangos inteiros (Figura 9) aumentou nos tratamentos controle não sanitizado (1,35 a 2,33 $\mu\text{mol min}^{-1} \text{mg}^{-1}$ proteína), sanitizado (1,41 a 2,52 $\text{mmol min}^{-1} \text{g}^{-1}$ proteína), revestido com quitosana (1,6 a 2,5 $\mu\text{mol min}^{-1} \text{mg}^{-1}$ proteína) ou envolvido com filme PVC (1,7 a 2,8 $\mu\text{mol min}^{-1} \text{mg}^{-1}$ proteína). Nos morangos cortados, a variação na atividade da PAL, até os 8 dias, foi maior nos tratamentos controle não sanitizado (1,7 a 3,5 $\mu\text{mol min}^{-1} \text{mg}^{-1}$ proteína), sanitizado (1,6 a 3,8 $\mu\text{mol min}^{-1} \text{mg}^{-1}$ proteína), revestido com quitosana (1,7 a 3,25 $\mu\text{mol min}^{-1} \text{mg}^{-1}$ proteína) ou envolvido com filme PVC (1,8 a 3,4 $\mu\text{mol min}^{-1} \text{mg}^{-1}$ proteína) (Figura 9).

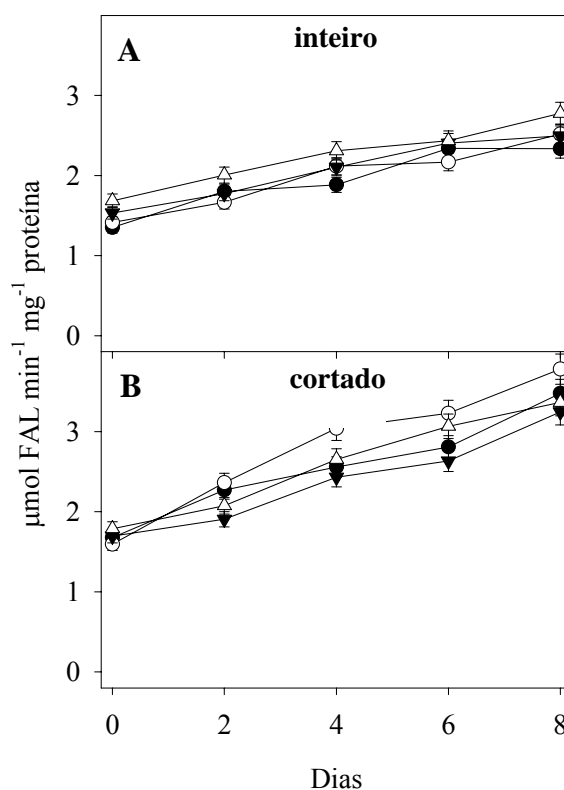


Figura 9. Atividade da Fenilalanina Amônia-liase (PAL) de morangos Dover inteiros e cortados; não sanitizados (●), sanitizados (○), revestidos com quitosana 1,5 % (▼) e envolvidos com filme PVC 11 μm (Δ), mantidos a 5 °C, sob 90-95 % UR. As barras verticais representam o desvio padrão da média de 3 repetições com DMS igual a 5 %

Quanto à atividade da PPO, os morangos inteiros ou cortados envolvidos com filme PVC mantiveram-se praticamente com a mesma atividade durante a conservação, com valores variando de 2,4 a 4,7 e de 2,5 a 5,1 UE min⁻¹ mg⁻¹ proteína, respectivamente (Figura 10). Houve um incremento contínuo na atividade da PPO em todos os tratamentos dos morangos inteiros, com atividade variando nos controles não sanitizado (2,8 a 5,3 UE min⁻¹ mg⁻¹ proteína) e sanitizado (2,8 a 5,8 UE min⁻¹ mg⁻¹ proteína) ou revestido com quitosana (2,9 a 5,3 UE min⁻¹ mg⁻¹ proteína) (Figura 10). Nos morangos cortados, os demais tratamentos tiveram praticamente o mesmo comportamento de atividade, até 6 dias, apresentando, ao final do período de conservação, maior atividade da PPO, independente do tratamento, principalmente no controle sanitizado 7 UE min⁻¹ mg⁻¹ proteína (Figura 10). A menor atividade foi encontrada para os frutos envolvidos com filme PVC, 5,1 UE min⁻¹ mg⁻¹ proteína.

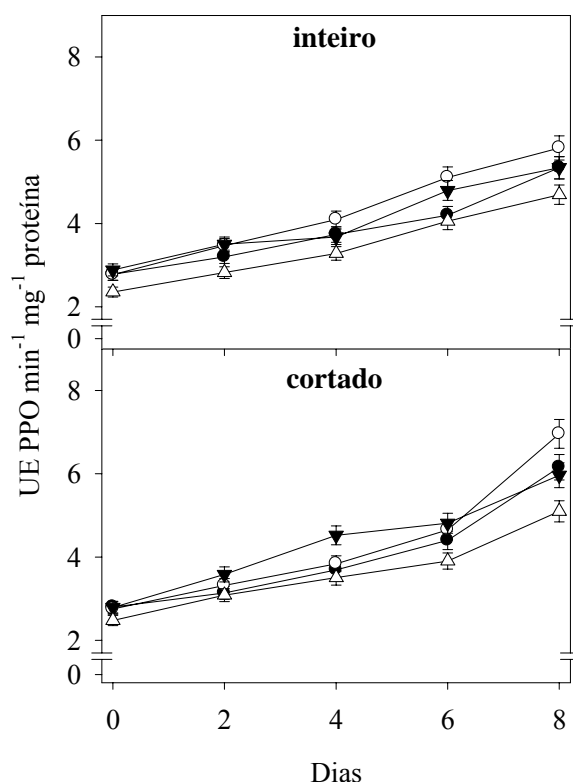


Figura 10. Atividade da Polifenoloxidase (PPO) de morangos Dover inteiros e cortados; não sanitizados (●), sanitizados (○), revestidos com quitosana 1,5 % (▼) e envolvidos com filme PVC 11 μm (Δ), mantidos a 5 $^{\circ}\text{C}$, sob 90-95 % UR. As barras verticais representam o desvio padrão da média de 3 repetições com DMS igual a 5 %

A exemplo do que foi observado na PPO durante a conservação, morangos inteiros ou cortados envolvidos com filme PVC mantiveram-se praticamente com a mesma atividade da POD, variando de 1,3 a 1,9 e de 1,4 a 2 UE $\text{min}^{-1} \text{mg}^{-1}$ proteína respectivamente (Figura 11). A atividade da POD nos morangos inteiros envolvidos com filme PVC mostrou-se bem menor em relação aos demais tratamentos (Figura 11). Nos morangos cortados, as maiores atividades foram observadas para os morangos controle não sanitizado e sanitizado, com valores variando de 1,5 a 3,2 e de 1,3 a 3,8 UE $\text{min}^{-1} \text{mg}^{-1}$ proteína, respectivamente (Figura 11).

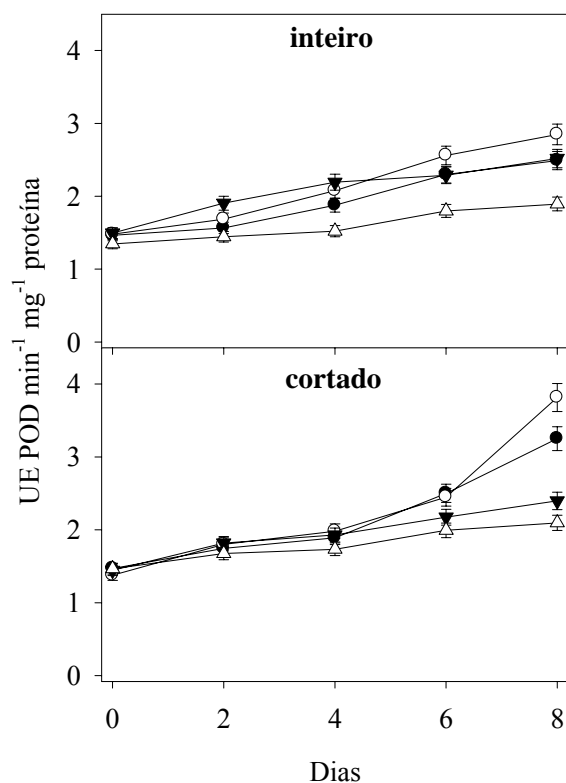


Figura 11. Atividade da Peroxidase (POD) de morangos Dover inteiros e cortados; não sanitizados (●), sanitizados (○), revestidos com quitosana 1,5 % (▼) e envolvidos com filme PVC 11 μm (Δ), mantidos a 5 °C, sob 90-95 % UR. As barras verticais representam o desvio padrão da média de 3 repetições com DMS igual a 5 %

A aplicação de quitosana em uva cv. Itália induziu maior atividade da enzima PAL (Romanazzi *et al.*, 2002). Em *Eleocharis dulcis* (castanhola d'água chinesa), minimamente processada e revestida com quitosana 0,5, 1 e 2 %, a 4 °C, por 15 dias, verificou-se menor atividade das enzimas PAL, PPO e POD, com efeito do escurecimento enzimático nos tecidos cortados, em relação ao controle, sem revestimento (Pen & Jiang, 2003). O uso de diferentes formulações com revestimento comestível adicionado de agente antimicrobiano em maçãs minimamente processadas, mantidas a 3 °C por 15 dias, foi efetivo para retardar o escurecimento enzimático nos tecidos cortados, em relação ao controle sem revestimento (Lee *et al.*, 2003). Alterações na cor, na firmeza da polpa e na perda do brilho natural são características importantes e bastante observadas após a colheita das frutas (Calegari *et al.*, 2002), principalmente no morango. Em tecido livre de

estresse, a atividade da PAL é baixa, mas aumenta na presença de estresse, tais como descascamento, corte ou fatiamento. Por isso, a PAL pode funcionar como um indicativo de atributo de qualidade, especialmente quanto à cor e à firmeza, no produto minimamente processado (Degl'Innocenti *et al.*, 2005).

A mudança de cor após a colheita ou mesmo durante o tempo de conservação, na superfície de algumas frutas, pode ter origem enzimática, envolvendo a participação de enzimas como a fenilalanina amônia-ase (PAL) que atua na síntese de antocianinas e outros fenólicos (Eda-hiro *et al.*, 2005) e das enzimas polifenoloxidase (PPO) e peroxidase (POD) envolvidas no processo de escurecimento do tecido (Toivonen & Brummell, 2008). O escurecimento pode ocorrer quando a PPO e os compostos fenólicos entram em contato, em consequência de danos sofridos pelos frutos durante a colheita, processamento mínimo ou conservação. A quebra da integridade física celular acelera a oxigenação dos tecidos e coloca as PPOs, os fenóis e as proteínas em contato direto, acelerando as reações químicas e a formação de melaninas (Lima *et al.*, 2002). A oxidação de fenóis pode resultar também em atividade da POD, que está relacionada, por exemplo, com as alterações de cor e no desenvolvimento de aromas estranhos durante sua conservação (Hernández *et al.*, 1996). É comprovado o envolvimento da PPO e POD no escurecimento de frutas e hortaliças minimamente processadas, visto que a PPO é uma cuproproteína que catalisa duas reações diferentes nas plantas: a primeira é a hidroxilação de monofenóis a *o*-difenois e a segunda reação consiste na oxidação de *o*-difenois a *o*-quinonas. Já a POD, muito bem distribuída nas plantas, catalisa uma série de reações e pode ser modulada tanto por estresse biótico como abiótico. Na presença de peróxido de hidrogênio, a POD pode oxidar mono e difenois, além de ser uma proteína ativa no processo de cicatrização de ferimentos de tecidos vegetais, durante a biossíntese de lignina (Degl'Innocenti *et al.*, 2005). Assim, uma alta taxa de atividade enzimática em produtos minimamente processados implica maior potencial de deterioração das características sensoriais do tecido, afetando atributos de qualidade (cor e firmeza) e reduzindo sua vida útil.

As enzimas PAL, PPO e POD tiveram maior atividade nos frutos cortados, em relação aos inteiros, indicando sua participação no escurecimento dos tecidos minimamente processados, principalmente ao final do período de conservação, possivelmente com os efeitos do processo de senescência dos frutos mais notáveis.

3.4 Atributos de análise sensorial

A análise sensorial dos morangos inteiros e cortados (Figura 12) mostrou que os atributos de aroma, sabor, firmeza e aspecto global mantiveram notas praticamente constantes durante sua conservação, exceto a cor no quarto dia de avaliação para o morango inteiro e o aroma dos morangos cortados que apresentaram um decréscimo variando de 7,6 a 6 nas notas de avaliação. Os morangos cortados receberam notas menores em relação aos inteiros, mas se mantiveram acima da nota 5, limite de comercialização dos frutos estabelecido arbitrariamente.

Para a cor, observou-se que a tendência das notas pode ser explicada pelo comportamento observado no ICV (Figura 1) e no croma (Figura 2), quando os morangos acondicionados em bandejas de poliestireno expandido envolvidos com filme PVC apresentaram menor variação dos valores desses índices durante a conservação. O mesmo comportamento pode ser atribuído ao sabor, cujos frutos envolvidos com filme PVC para a razão SST/ATT (Figura 6) tiveram um decréscimo até o quarto dia para os morangos inteiros, ou ficaram constantes por esse mesmo período, nos frutos cortados. O uso de filme PVC também mostrou menor redução da firmeza (Figura 7) dos morangos, o que, portanto, pode ter refletido nas notas atribuídas pelos avaliadores durante o período de avaliação, em estudo.

Nos morangos inteiros, revestidos com quitosana ou não (Figura 13), a avaliação sensorial do aroma (Figura 13) mostrou que os morangos revestidos receberam notas menores durante a conservação, em relação aos frutos não revestidos. Os atributos de cor, sabor, firmeza e aspecto global mostraram redução discreta nas notas atribuídas pelos provadores ou se mantiveram praticamente constantes no período de conservação, com notas acima de 5, independente do tratamento. Na firmeza, as notas no início da avaliação foram diferentes entre tratamentos, 8,5 e 7,5 em morangos revestidos ou não, respectivamente, convergindo para uma mesma nota 7, ao final dos 4 dias (Figura 13).

A exemplo do que foi observado nos morangos inteiros ou cortados, a cor nos frutos revestidos com quitosana variou possivelmente pelo comportamento verificada no ICV (Figura 1) e no croma (Figura 2), quando os morangos, apresentaram uma variação maior nos valores desses índices no período de conservação. Comportamento similar foi observado para o sabor, cujos frutos revestidos com quitosana ou não tiveram um acréscimo até o quarto dia, na razão

SST/ATT (Figura 6). Quanto à textura, os morangos revestidos ou não apresentaram um decréscimo com a conservação, como pode ser observado na firmeza (Figura 7), podendo essa característica sofrer efeito também da massa fresca (figura 3), com perda elevada de massa fresca influenciando na turgescência das células e, portanto, na firmeza do tecido.

A análise sensorial dos morangos inteiros e cortados, revestidos ou não com quitosana, mantiveram-se com qualidade, durante o tempo de conservação, para os atributos avaliados de cor, aroma, sabor, firmeza e aspecto global, com nota acima de 5, limite arbitrário estabelecido para indicação de morango para o consumo e comercialização. Assim sendo, para essas características, o processamento mínimo do morango e o revestimento pouco interferiram na aceitabilidade dos frutos, mostrando potencial de adequação de seu uso.

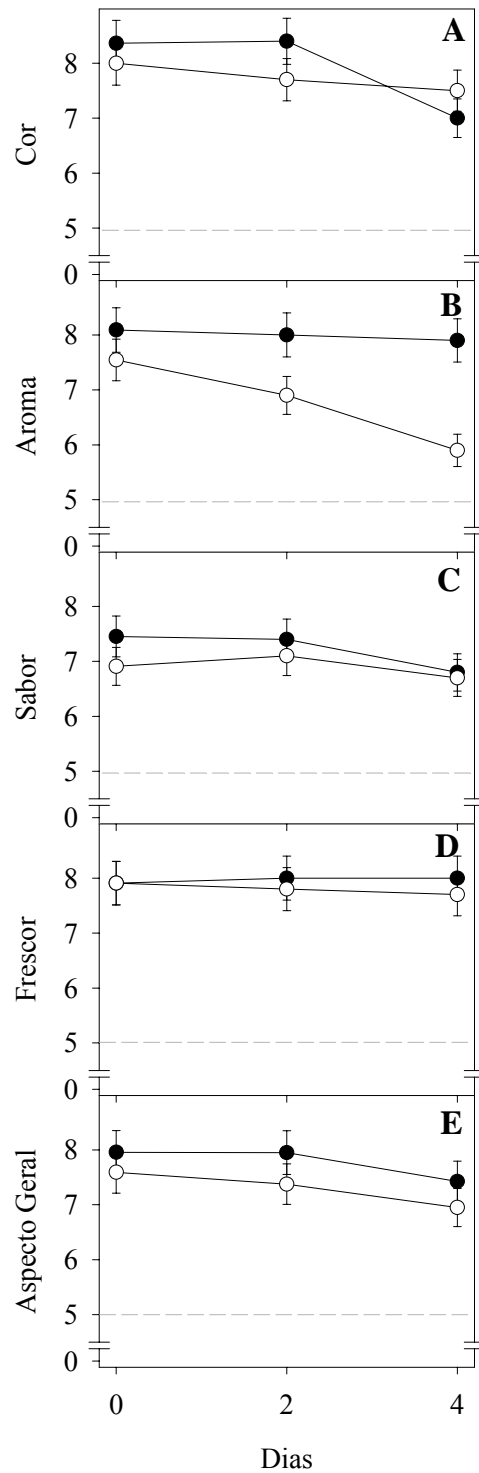


Figura 12. Análise sensorial a partir da escala hedônica de cor (A), aroma (B), sabor (C), frescor (D) e aspecto geral (E) de morangos Dover inteiros (●) e cortados (○), mantidos a 5 °C, sob 90-95 % UR. A linha tracejada (— —) representa o limite para comercialização dos morangos. As barras verticais representam o desvio padrão da média de 5 repetições com DMS igual a 5 %

O revestimento com quitosana em morangos, mantidos a 2 °C por uma semana, não afetou a opinião de compra dos consumidores. Os frutos receberam nota igual ou superior a 5 nos atributos de avaliação para cor, sabor e firmeza e também no aspecto global (Han *et al.*, 2005). O estudo do uso de revestimentos à base de glúten em morangos inteiros, mantidos a 7°C, mostra nota igual ou acima de 6 para cor, brilho e aspecto global aos 5 dias de conservação e para aroma, sabor e firmeza, aos 16 dias (Tanada-Palmu & Grosso, 2005). A análise sensorial de morangos com coberturas simples de glúten manteve a qualidade dos morangos durante o tempo de conservação a 7°C, por 16 dias, em termos de aparência, com o sabor dos morangos em cobertura simples de glúten aceito pelos consumidores (Palmu, 2003).

Em pedaços de manga revestidos com quitosana nas concentrações de 0; 0,5; 1 e 2 %, mantidos a 6 °C, foram avaliados após 7 dias os atributos sensoriais de aparência, aroma, sabor e aceitabilidade, tendo todos os pedaços revestidos ficado com nota acima de 5 em relação aos pedaços não revestidos com quitosana (Chien *et al.*, 2007). Diferentes formulações com revestimento comestível acrescido de agente antimicrobiano em maçãs minimamente processadas, mantidas a 3°C, por 14 dias, mantiveram o produto com nota igual ou superior a 5 para a cor, sabor e firmeza, em relação ao controle sem revestimento (Lee *et al.*, 2003). O uso do filme PVC ou do revestimento comestível pouco permeável ao vapor de água reduziu o metabolismo da banana e da manga durante conservação a 27 °C, com diferença nos atributos sensoriais de cor, aroma, sabor e firmeza, em relação aos frutos controles (Kittur *et al.*, 2001).

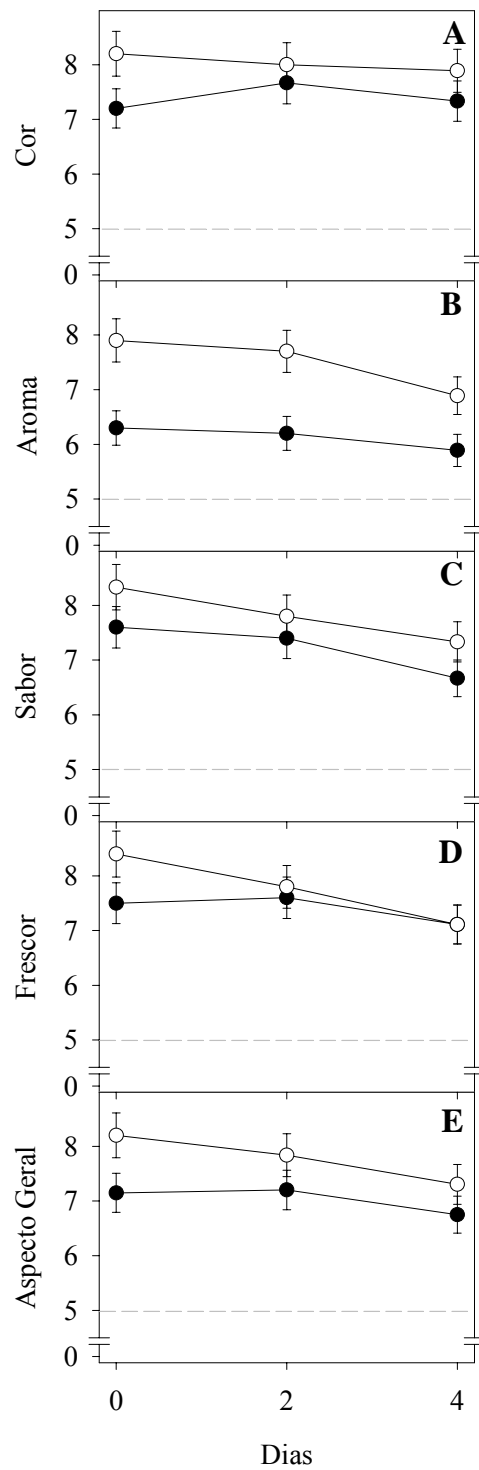


Figura 13. Análise sensorial a partir da escala hedônica de cor (A), aroma (B), sabor (C), frescor (D) e aspecto geral (E) de morangos Dover inteiro, revestidos com quitosana 1,5% (●) ou não revestidos (○), mantidos a 5 °C, sob 90-95 % UR. A linha tracejada (---) representa o limite para comercialização dos morangos. As barras verticais representam o desvio padrão da média de 5 repetições com DMS igual a 5 %

4. CONCLUSÕES

Os morangos inteiros e cortados, acondicionados com filme PVC, não apresentaram alterações significativas nas características físicas e químicas estudadas, em relação aos tratamentos controle e revestidos com quitosana, durante a conservação. O uso do filme PVC resultou em frutos com cor atrativa, menor perda de massa fresca e menor perda de firmeza, mostrando a eficiência dessa tecnologia frente ao revestimento à base de quitosana.

Morangos, inteiros e cortados, revestidos com quitosana ou não, apresentaram aumento na atividade da pectinametilesterase. No entanto, nos frutos cortados houve um incremento maior em relação aos inteiros. Entre os tratamentos, morangos envolvidos com filme PVC tiveram menor atividade da pectinametilesterase, em relação aos tratamentos controle e revestidos com quitosana.

As enzimas fenilalanina amônia-ase, polifenoloxidase e peroxidase tiveram maior atividade nos frutos cortados, em relação aos inteiros, independente do tratamento com revestimento de quitosana ou não, durante sua conservação.

A avaliação sensorial dos morangos inteiros e cortados e, revestidos com quitosana ou não, se manteve com qualidade, ao longo do período de sua conservação, quanto à cor, aroma, sabor, firmeza e aspecto global, com nota acima de 5, limite arbitrário estabelecido para indicação de morango para o consumo ou comercialização.

5. LITERATURA CITADA

ABU-SARRA AF; ABU-GOUKH AA. 1992. Changes in pectinesterase, poligalacturonase and cellulose activity Turing mango fruit ripening. *Journal of Horticultural Science* 67: 561-568.

ALI MB; HAHN E; PAEK K. 2007. Methyl jasmonate and salicylic acid induced oxidative stress and accumulation of phenolics in *Panax ginseng* bioreactor root suspension cultures. *Molecules* 12: 607-621.

AYDIN N; KADIOGLU A. 2001. Changes in the chemical composition, polyphenol oxidase and peroxidase activities during development and ripening of medlar fruits (*Mespilus germanica* L.). *Bulgarian Journal of Plant Physiology* 27: 85-92.

BAUTISTA-BAÑOS S; HERNÁNDEZ-LAUZARDO AN; VELÁZQUEZ-DEL VALLE MG; HERNÁNDEZ-LÓPEZ M; AIT BARKAB E; BOSQUEZ-MOLINA E; WILSON CL. 2006. Chitosan as a potential natural compound to control pre and postharvest diseases of horticultural commodities. *Crop Protection* 25: 108-118.

BICALHO UO; CHITARRA AB; CHITARRA MIF; COELHO AHR. 2000. Modificações texturais em mamões submetidos à aplicação pós-colheita de cálcio e embalagem de PVC. *Ciência e Agrotecnologia* 24: 136 -146.

BRADFORD MM. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilising the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry* 72: 248-254.

CALEGARO JM; PEZZI E; BENDER RJ. 2002. Utilização de atmosfera modificada na conservação de morangos em pós-colheita. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 37: 1049-1055.

CAMPANIELLO D; BEVILACQUA A; SINIGAGLIA M; CORBO MR. 2008. Chitosan:Antimicrobial activity and potencial applications for preserving minimally processed strawberries. *Food Microbiology* 25: 992-1000.

COCOZZA FDM. 2003. Maturação e conservação de manga 'Tommy Atkins' submetida à aplicação pós-colheita de 1-metilciclopropeno. Campinas: UNICAMP. 226p. (Tese doutorado).

CORDENUNSI BR; NASCIMENTO JRO; LAJOLO FM. 2003. Physico-chemical changes related to quality of five strawberry fruit cultivars during cool-storage. *Food Chemistry* 83: 167-173.

CHIEN P; SHEU F; YANG F. 2007. Effects of edible chitosan coating on quality and shelf life of sliced mango fruit. *Journal of Food Engineering* 78: 225-229.

DAMIAN C; BEIRÃO LH; FRANCISCO A; ESPÍRITO SANTO MLP; TEIXEIRA E. 2005. Quitosana: um amino polissacarídeo com características funcionais. *Brazilian Journal of Food and Nutrition* 16: 195-205.

DEGL'INNOCENTI E; GUIDI L; PARADOSSI A; TOGNONI F. 2005. Biochemical study of leaf browning in minimally processed leaves of lettuce (*Lactuca sativa* L. var. *Acephala*). *Journal of Agricultural Food and Chemistry* 52: 9980-9984.

DEVLIEGHERE F; VERMEULEN A; DEBEVERE J. 2004. Chitosan: antimicrobial activity, interactions with food components and applicability as a coating on fruit and vegetables. *Food Microbiology* 21: 703-714.

DURANGO AM; SOARES NFF; ANDRADE NJ. 2006. Microbiological evaluation of an edible antimicrobial coating on minimally processed carrots. *Food Control* 17: 336-341.

EDAHIRO J; NAKAMURA M; SEKI M; FURUSAKI S. 2005. Enhanced accumulation of anthocyanin in cultured strawberry cells by repetitive feeding of L-phenylalanine into the medium. *Journal of Bioscience and Bioengineering* 99: 43-47.

EL GAOUTH A; ARUL J; PONNAMPALAM R; BOULET M. 1991. Chitosan coating effect on storability and quality of fresh strawberries. *Journal of Food Science* 56: 1618-1620.

EVANGELISTA RM; CHITARRA AB; CHITARRA MIF. 2000. Influência da aplicação pré-colheita de cálcio na textura e na atividade das enzimas poligalacturonase, pectinametilesterase e β -galactosidase de mangas ‘Tommy Atkins’ armazenadas sob refrigeração. *Ciência e Agrotecnologia* 24: 174-181.

GARCÍA JM; MEDINA RJ; OLÍAS JM. 1998b. Quality of strawberries automatically packed in different plastic films. *Journal of Food Science* 63: 1037-1041.

GARCÍA MA; MARTINO MN; ZARITIZKY NE. 1998a. Plasticized Storch-based coatings to improve to strawberry (*Fragaria x ananassa*) quality and stability. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46: 3758-3767.

GARCÍA MA; MARTINO MN; ZARITIZKY NE. 2001. Composite starch-based coatings applied to strawberries (*Fragaria ananassa*). *Molecular Nutrition and Food Research (Nahrung / Food)* 45: 267-272.

GIL MI; HOLCROFT DM; KADER AA. 1997. Changes in strawberry anthocyanins and other polyphenols in response to carbon dioxide treatments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45: 1662-1667.

GONZÁLEZ-AGUILAR GA; VALENZUELA-SOTO E; LIZARDI-MENDOZA J; GOYCOOLEA F; MARTÍNEZ-TÉLLEZ MA; VILLEGAS-OCHOA MA; MONROY- GARCÍA IN; AYALA-ZAVALA JF. 2009. Effect of chitosan coating in preventing deterioration and preserving the quality of fresh-cut papaya ‘Maradol’. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 89: 15-23.

HADFIELD KA; BENNETT AB. 1998. Polygalacturonase: many genes in search of a function. *Plant Physiology* 117: 337-343.

HAN C; LEDERER C; MCDANIEL M; ZHAO Y. 2005. Sensory Evaluation of Fresh Strawberries (*Fragaria ananassa*) Coated with Chitosan-based Edible Coatings. *Journal of Food Science* 70: 172-178.

HAN C; ZHAO Y; LEONARD SW; TRABER MG. 2004. Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries

(*Fragaria* × *ananassa*) and raspberries (*Rubus ideaus*). *Postharvest Biology and Technology* 33: 67-78.

HENRIQUE CM; CEREDA MP. 1999. Utilização de biofilmes na conservação pós-colheita de morango (*Fragaria ananassa* Duch) cv IAC Campinas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 19: 231-233.

HERNÁNDEZ T; BERNALTE MJ; SABIO E; VIDALARAGÓN MC. 1996. Actividad peroxidasa y polifenoloxidasa de dos variedades de cereza durante la maduración. In: SIMPOSIO NACIONAL SOBRE MADURACIÓN Y POSTRECOLECCION DE FRUTOS Y HORTALIZAS, 4. *Annales...* Valencia: Sociedad Espanhola de Fisiologia Vegetal. 147-150.

HERNÁNDEZ-MUÑOZ P; ALMENAR E; DEL VALLE V; VELEZ D; GAVARA R. 2008. Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria* × *ananassa*) quality during refrigerated storage. *Food Chemistry* 110: 428-435.

HERNÁNDEZ-MUÑOZ P; ALMENAR E; OCIO MJ; GAVARA R. 2006. Effect of calcium dips and chitosan coatings on postharvest life of strawberries (*Fragaria* × *ananassa*). *Postharvest Biology and Technology* 39: 247-253.

HOLCROFT DM; KADER AA. 1999. Carbon dioxide-induced changes in color and anthocyanin synthesis of stored strawberry fruit. *HortScience* 34: 1244-1248.

HOLTZ SG. 2006. Aplicação de ozônio e de revestimentos comestíveis em morangos (*Fragaria ananassa* Duch.) minimamente processados. Viçosa: UFV. 93p. (Tese mestrado).

HUBER, DJ. 1984. Strawberry fruit softening: the potential role of polyuronides and hemicelluloses. *Journal of Food Science* 49: 1310-1315.

INNOCENTI, ED; PARDOSSI, A; TOGNONI, F; GUIDI, L. 2007. Physiological basis of sensitivity to enzymatic browning in ‘lettuce’, ‘escarone’ and ‘rocket salad’ when stored as fresh cut products. *Food Chemistry* 104, 209-215.

- KAMPERIDOU I; VASILAKAKIS M. 2006. Effect of propagation material on some quality attributes of strawberry fruit (*Fragaria x ananassa*, var. Selva). *Scientia Horticulturae* 107: 137-142.
- KESTER JJ; FENNEMA OR. 1986. Edible films and coatings: a review. *Food Technology* 40: 47-59.
- KITTUR FS; SAROJA N; HABIBUNNISA; THARANATHAN RN. 2001. Polysaccharide-based composite coating formulations for shelf-life extension of fresh banana and mango. *European food research and technology* 213, 306-311.
- LARA I; GARCÍA P; VENDRELL M. 2004. Modifications in cell wall composition after cold storage of calcium-treated strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) fruit. *Postharvest Biology and Technology* 34: 331-339.
- LEE JY; PARK HJ; LEE CY; CHOI WY. 2003. Extending shelf-life of minimally processed apples with edible coatings and antibrowning agents. *LWT - Food Science and Technology* 36: 323-329.
- LIMA MAC; ALVES RE; ASSIS JS; FILGUEIRAS HAC; COSTA JTA. 2002. Aparência, compostos fenólicos e enzimas oxidativas em uva 'Itália' sob influência do cálcio e do armazenamento refrigerado. *Revista Brasileira de Fruticultura* 24: 39-43.
- MAIA LH; PORTE A; SOUZA VF. 2000. Filmes comestíveis: aspectos gerais, propriedades de barreira a umidade e oxigênio. *Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos - B.CEPPA* 18: 105-128.
- MALI S; GROSSMANN MVE. 2003. Effects of yam starch films on storability and quality of fresh strawberries (*Fragaria ananassa*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51: 7005-7011.
- MANNING K. 1993. Soft fruit. In: SEYMOUR GB; TAYLOR JE; TUCKER GA. (eds.). *Biochemistry of fruit ripening*. London: Chapman and Hall. p. 347-377.
- McGUIRE RG. 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience* 27: 1254-1255.

- NEAL GH. 1965. Changes occurring in the cell walls of strawberries during ripening. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 16: 604-611.
- NOGATA Y; OHTA H; VORAGEN AGJ. 1993. Polygalacturonase in strawberry fruit. *Phytochemistry*. 34, 617-620, 1993.
- NUNES MCN; BRECHT JK; MORAIS AMMB; SARGENT SA. 1995. Physical and chemical quality characteristics of strawberries after storage are reduced by a short delay to cooling. *Postharvest Biology and Technology* 6: 17-28.
- PALMU PST. 2003. Preparação, propriedades e aplicação de biofilmes comestíveis à base de glúten de trigo. Campinas: UNICAMP. 258. (Tese de doutorado).
- PARK HJ. 1999. Development of advanced edible coatings for fruits. *Trends in Food Science and Technology* 10: 254-260.
- PARK SI; STAN SD; DAESCHEL MA; ZHAO Y. 2005. Antifungal coatings on fresh strawberries (*Fragaria × ananassa*) to control mold growth during cold storage. *Food Microbiology and Safety* 70: 202-207.
- PEN LT; JIANG YM. 2003. Effects of chitosan coating on shelf life and quality of fresh-cut chinese water chestnut. *LWT - Food Science and Technology* 36: 359-364.
- REDGWELL RJ; MACRAE E; HALLETT I; FISHER M; PERRY J; HARKER R. 1997. In vitro and in vivo swelling of cell walls during fruit ripening. *Planta* 203: 162-173.
- REDDY MVB; BELKACEMI K; CORCUFF R; CASTAIGNE F; ARUL J. 2000. Effect of pre-harvest chitosan sprays on post-harvest infection by *Botrytis cinerea* and quality of strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology* 20: 39-51.
- RIBEIRO C; VICENTE AA; TEIXEIRA JA; Miranda C. 2007. Optimization of edible coating composition to retard strawberry fruit senescence. *Postharvest Biology and Technology* 44: 63-70.
- RINAUDO M. 2006. Chitin and chitosan: properties and applications. *Progress in Polymer Science* 31: 603-632.

- ROMANAZZI G; KARABULUT OA; SMILANICK JL. 2007. Combination of chitosan and ethanol to control postharvest gray mold of table grapes. *Postharvest Biology and Technology* 45: 134-140.
- ROMANAZZI G; NIGRO F; IPPOLITO A; DI VENERE D; SALERNO M. 2002. Effects of pre and postharvest chitosan treatments to control storage grey mold of table grapes. *Journal of Food Science* 67: 1862-1867.
- SIDDIQUI S; BANGERTH F. 1995. Effect of pre-harvest of calcium on flesh firmness and cell-wall composition of apples – influence of fruit size. *Journal of Horticultural Science* 70: 263-269.
- TANADA-PALMU PS; GROSSO CRF. 2005. Effect of edible wheat gluten-based films and coatings on refrigerated strawberry (*Fragaria ananassa*) quality. *Postharvest Biology and Technology* 36: 199-208.
- TOIVONEN PMA; BRUMMELL DA. 2008. Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology* 48: 1-14.
- VARGAS M; ALBORS A; CHIRALT A; GONZÁLEZ-MARTÍNEZ C. 2006. Quality of cold-stored strawberries as affected by chitosan–oleic acid edible coatings. *Postharvest Biology and Technology* 41: 164-171.
- VICENTE AR; COSTA ML; MARTÍNEZ GA; CHAVES AR; CIVELLO PM. 2005. Effect of heat treatments on cell wall degradation and softening in strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology* 38: 213-222.
- VISCARRA ROSSEL RA; MINASNY B; ROUDIER P; McBRATNEY AB. 2006. Colour space models for soil science. *Geoderma* 133: 320-337.
- WISSEMANN KW; LEE CY. 1980. Polyphenoloxidase activity during grape maturation and wine production. *American Journal of Enology and Viticulture* 31: 206-211.
- XUA YX; KIMB KM; HANNA MA; NAG D. 2005. Chitosan–starch composite film: preparation and characterization. *Industrial Crops and Products* 21: 185-192.

YAMASHITA F; VEIGA GF; BENASSI MT, ROBERTO SR. 2006. Morangos embalados com filme de policloreto de vinila (PVC). *Semina: Ciências Agrárias* 27: 429-436.

ZHANG D; QUANTICK PC. 1998. Antifungal effects of chitosan coating on fresh strawberries and raspberries during storage. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 73: 763-767.

CONCLUSÕES GERAIS

Morangos Camarosa, Dover e Oso Grande, oriundos dos sistemas de cultivo convencional ou orgânico, não apresentaram diferenças significativas quanto às características físicas e químicas estudadas, durante sua conservação a $5\pm 0,5$ °C, sob 90-95 % UR.

A remoção do cálice dos morangos Dover não afetou significativamente os componentes físicos e químicos avaliados na conservação a $5\pm 0,5$ °C, sob 90-95 % UR.

A temperatura de trabalho, a condição de sanitização e o corte no processamento mínimo, assim como o uso de cultivares sensíveis de morango, como Dover, apresentaram alterações no extravasamento de eletrólitos e na produção de CO₂.

A imersão do morango em solução de cloro orgânico com 200 mg L⁻¹ por 30 segundos foi utilizada para a sanitização dos frutos inteiros, tendo essa concentração proporcionado um crescimento reduzido de fungos filamentosos e leveduras, durante sua conservação a $5\pm 0,5$ °C, sob 90-95 % UR, além de ter tornado mais rápido todo o processo, constituindo uma vantagem importante se aplicado em escala industrial.

A drenagem por 20 e 40 minutos resultou no mínimo de água livre na superfície dos frutos, sendo o menor tempo mais indicado por tornar o processo mais rápido.

O manuseio durante o processamento mínimo do morango não reduziu os teores de vitamina C, de antocianinas e de compostos. Mas houve queda mínima nos teores de vitamina C acompanhados de um incremento discreto nos níveis de antocianinas e de compostos fenólicos nos morangos cortados, durante sua conservação a $5\pm 0,5$ °C, sob UR 90-95 %.

O fluxograma operacional completo e proposto para o processamento mínimo do morango foi definido a partir das etapas de resfriamento rápido com água fria, remoção do cálice e pedicelo, sanitização, enxágue, drenagem, corte, embalagem e conservação a $5\pm 0,5$ °C, sob UR 90-95 %.

Morangos inteiros e cortados, acondicionados com filme PVC, não apresentaram alterações significativas nas características físicas e químicas estudadas, em relação aos tratamentos controle e revestidos com quitosana, durante a conservação, com menor perda de massa fresca e maior retenção de sua firmeza.

Morangos envolvidos com filme PVC mostraram menor atividade da pectinametilesterase em relação aos tratamentos controle e revestidos com quitosana.

As enzimas fenilalanina amonialiase, polifenoloxidase e peroxidase tiveram maior atividade nos frutos cortados em relação aos inteiros, independente do tratamento com revestimento de quitosana ou não, durante sua conservação.

O processamento mínimo de morangos inteiros e cortados bem como o uso de revestimento com quitosana em morangos inteiros não comprometeram a qualidade dos frutos quanto à cor, sabor, aroma, frescor e aspecto global, durante sua conservação a $5\pm 0,5$ °C, sob UR 90-95 %.