

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial



Tese

**Estudo de conservação de pêssgo [*Prunus persica* (L.)
Batsch] minimamente processado**

Amauri Costa da Costa

Pelotas, 2010

AMAURI COSTA DA COSTA

Estudo de conservação de pêssgo [*Prunus persica* (L.)
Batsch] minimamente processado

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências (área do conhecimento: Ciência e Tecnologia Agroindustrial).

Orientador: Prof. Dr. Pedro Luiz Antunes
Prof. Dr. César Valmor Rombaldi

Pelotas - RS
Junho de 2010

Dados de catalogação na fonte:
(Marlene Cravo Castillo – CRB-10/744)

C837e Costa, Amauri Costa da

Estudo de conservação de pêssego[Prunus pérsica(L.) Batsch]
minimamente processado / Amauri Costa da Costa ; orientadores
Pedro Luiz Antunes e César Valmor Rombaldi - Pelotas,2010.-78f.
; il..- Tese (Doutorado) –Programa de Pós-Graduação em Ciência
e Tecnologia Agroindustrial. Faculdade de Agronomia Eliseu
Maciel . Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2010.

1.Pêssego 2.Processamento Mínimo 3.Antioxidantes
4.Metabolismo Secundário 5.Radiação UV-C 6.Armazenamento
Refrigerado I.Antunes, Pedro Luiz(orientador) II .Rombaldi,
César Valmor(orientador) III. Título.

CDD 634.25

Banca examinadora:

Dr. César Valmor Rombaldi – orientador

Dra. Carla Rosane Barboza Mendonça

Dr. Jorge Adolfo da Silva

Dra. Leonor Almeida de Souza Soares

Dr. Valdecir Carlos Ferri

Para minha esposa, filhos e pais,
com carinho e gratidão.

DEDICO.

AGRADEÇO

Aos professores da área de Agroindústria do Conjunto Agrotécnico “Visconde da Graça”, por permitirem minha qualificação.

Ao professor Pedro Luiz Antunes (*in memoriam*), pelo incentivo na realização do curso, apoio e dedicação.

À professora Márcia Arocha Gularte, pelo valioso auxílio na realização da análise sensorial.

À professora Carla Rosane Mendonça, pelo precioso auxílio.

Aos funcionários da UEAL (CAVG), Valnei Lübke e Marisa Karow, pela ajuda e dedicação na elaboração do processamento do experimento.

Ao colega e professor Marcos Anciuti, do CAVG, pela inestimável colaboração no processamento da análise estatística.

Em especial ao professor César Valmor Rombaldi, pelo desprendimento em orientar-me na etapa final do curso e aos ensinamentos transmitidos.

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram de alguma forma para a realização desse trabalho.

RESUMO

Costa, Amauri Costa da. **Estudo de conservação de pêssego [*Prunus persica* (L.) Batsch] minimamente processado**. 2010. 77p. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

O escurecimento enzimático e o amolecimento são as principais alterações em pêssegos minimamente processados. Inicialmente estudou-se a combinação de moléculas antioxidantes e protetores de textura no controle da atividade das enzimas polifenoloxidase (PPO) e peroxidase (POD), do escurecimento enzimático e do amolecimento da polpa de pêssegos, cv. Esmeralda, minimamente processados e refrigerados (MPR). Para isso testou-se o uso de L-cisteína (Cis), ácido L-ascórbico (AA) e cloreto de cálcio (CC), isolados ou em combinação: (i) água (controle); (ii) AA+CC; (iii) Cis+CC; e, (iv) Cis+AA+CC. Após o tratamento, as fatias foram acondicionadas em embalagens rígidas envoltas com filme PVC 30 μ m e armazenadas durante seis dias a 4 $\pm$ 1 $^{\circ}$ C e 85 $\pm$ 3 UR. As amostras foram avaliadas sob aspectos físico-químicos, enzimáticos e sensoriais a cada dois dias. O tratamento Cis+AA+CC apresentou os maiores valores de L^* e h° , ou seja, foi o mais eficaz na prevenção do escurecimento. Os tratamentos com L-cisteína apresentaram menor atividade da PPO e o tratamento Cis+AA+CC foi o mais efetivo na contenção da atividade da POD, indicando que o melhor desempenho desse tratamento está associado à menor atividade dessas enzimas. A avaliação sensorial indicou que o tratamento Cis+AA+CC foi o mais eficiente, proporcionando a manutenção de características sensoriais aceitáveis aos pêssegos MPR, cv. Esmeralda. Em sequência testou-se o uso de radiação ultravioleta tipo C (UV-C) como meio de aumentar o potencial de conservação desses frutos, assim como para aumentar a síntese de compostos de interesse nutricional e funcional. Para isso foram aplicados os seguintes tratamentos: (i) frutos sem UV-C, pelados, fatiados e armazenados sob refrigeração (AR) (controle); (ii) frutos tratados com UV-C e imediatamente pelados, fatiados e armazenados em AR (UV-C 0); (iii) frutos tratados com UV-C e mantidos 24h à temperatura ambiente (TA) antes do processamento (UV-C 24); (iv) frutos tratados com UV-C e mantidos 48h a TA antes do processamento; e (v) frutos sem tratamento com UV-C, processados e tratados com metabissulfito de K (MB K). As avaliações, coloração (L^* e ângulo h°), firmeza de polpa, teor de ácido ascórbico e compostos fenólicos, atividade antioxidante e a expressão transcricional de genes supostamente relacionados às alterações fisiológicas, foram realizadas imediatamente após o processamento e a cada 24h por seis dias. A aplicação da radiação UV-C provocou uma significativa melhora no potencial de conservação dos pêssegos. Mas para que isso ocorresse, foi necessário se aguardar de 24 à 48h antes do processamento. Com esse procedimento houve estímulo à transcrição de genes do metabolismo do etileno, da parede celular e da síntese e oxidação de compostos fenólicos totais (CFT). Mesmo assim, houve menor escurecimento dos frutos tratados com UV-C, indicando que essa alteração não é apenas dependente da concentração de CFT e da atividade da PPO.

Palavras-chave: pêssegos; processamento mínimo; antioxidantes; metabolismo secundário; radiação UV-C; armazenamento refrigerado.

ABSTRACT

Costa, Amauri Costa da. **Estudo de conservação de pêssgo [*Prunus persica* (L.) Batsch] minimamente processado**. 2010. 77p. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Enzymatic browning and softening are the main changes on fresh-cut peaches. Initially we studied the combination of antioxidant molecules and protective texture control enzymatic activities of peroxidase (POD) and polyphenoloxidase (PPO), enzymatic browning and softening the flesh of peaches cv. Esmeralda, minimally processed and refrigerated. For this we tested the use of L-cysteine (Cis), L-ascorbic acid (AA) and calcium chloride (CC), alone or in combination: (i) water (control); (ii) AA+CC; (iii) Cis+CC; e, (iv) Cis+AA+CC. After treatment, the slices were packed in packages sealed with PVC film 30 μ m and stored for six days at 4 $\pm$ 1 $^{\circ}$ C and 85 $\pm$ 3 RH. The samples were evaluated under physical-chemical, enzymatic and sensory every two days. Treatment Cis+AA+CC had the highest values of L^* and h° , ie was more effective in preventing browning. Treatments with L-cysteine showed a lower PPO activity and treatment Cis+AA+CC was the most effective in containing the POD activity, indicating that the best performance of this treatment is associated with lower activity of these enzymes. The sensory evaluation indicated that the treatment Cis+AA+CC was the most efficient, providing the maintenance of the sensory characteristics acceptable of fresh-cut peaches, cv. Esmeralda. In sequence was tested using ultraviolet radiation type C (UV-C) radiation as a means of increasing the conservation value of these fruits as well as to increase the synthesis of compounds of nutritional value and functional. That were applied to the following treatments: (i) fruit without UV-C, peeled, sliced and stored under refrigeration (control); (ii) fruits treated with UV-C and immediately peeled, sliced and stored under refrigeration (UV-C 0); (iii) fruits treated with UV-C and kept at room temperature 24h before processing (UV-C 24), (iv) fruits treated with UV-C and kept at room temperature 48h before processing (UV-C 48); and (v) fruit without treatment with UV-C, processed and treated with metabisulphite K (MB K). Evaluations, color (L^* and hue angle), firmness, ascorbic acid and phenolic compounds, antioxidant activity and transcriptional expression of genes supposedly related to physiological changes were taken immediately after processing and every 24h for six days. The application of UV-C resulted in a significant improvement in the storage potential of the peaches. But for that to happen, it was necessary to wait 24 to 48h before processing. With this procedure there was a stimulus to the transcription of genes in the metabolism of ethylene, cell wall synthesis and oxidation of phenolic compounds. Still, there was less browning of fruits treated with UV-C, indicating that this change is not only dependent on the concentration of total phenolics and PPO activity.

Keywords: peach; minimal processing; antioxidants; secondary metabolism; radiation UV-C; cold storage.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Caracterização físico-química (pH, ATT, SST, Firmeza, Luminosidade e Ângulo de cor) de pêsego, cv. Esmeralda, minimamente processado submetido a diferentes tratamentos, armazenado a 4°C e 85±3% UR.....	35
Figura 2	Valores médios da atividade da polifenoloxidase (PPO) de pêsego, cv. Esmeralda, minimamente processado, submetido a diferentes tratamentos, armazenado a 4°C e 85±3% UR.....	38
Figura 3	Valores médios da atividade da peroxidase (POD) de pêsego, cv. Esmeralda, minimamente processado, submetido a diferentes tratamentos, armazenado a 4°C e 85±3% UR.....	39
Figura 4	Representação gráfica do teste de avaliação de atributos nos tratamentos controle (a), ácido L-ascórbico 1% + cloreto de cálcio 1% (b), cloridrato de L-cisteína 1,5% + cloreto de cálcio 1% (c) e cloridrato de L-cisteína 1,5% + ácido L-ascórbico 1% + cloreto de cálcio 1% (d) de pêsego, cv. Esmeralda, minimamente processado, armazenado a 4°C e 85±3% UR.....	40
Figura 5	Valores de Luminosidade, Ângulo de cor, Firmeza, Teor de ácido ascórbico, Teor de fenóis totais, Atividade antioxidante por DPPH e Atividade PAL em pêsegos, cv. Esmeralda, tratados com UV-C e metabissulfito de K, armazenados a 4°C.....	52
Figura 6	Abundância relativa do mRNA em pêsegos, cv Esmeralda, sem aplicação de UV-C e imediatamente processados (Controle), tratados com UV-C e imediatamente processados (UV-C 0), tratados com UV-C e mantidos 24 e 48h a 23°C±3°C antes de processados (UV-C 24 e UV-C 48) e sem aplicação de UV-C, processados e tratados com metabissulfito de K (MB K), armazenados a 0-4°C (AR) por 6 dias.....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Iniciadores específicos utilizados na análise <i>Quantitative Real-Time</i> <i>PCR</i>	54
----------	---	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 Temperatura de Armazenamento.....	14
2.2 Micro-organismos	15
2.3 Atmosfera de Armazenamento.....	16
2.4 Características Sensoriais.....	19
2.5 Escurecimento Enzimático	21
2.6 Substâncias Antioxidantes	24
2.7 Radiação Ultravioleta	25
2.8 Fruto.....	27
 CAPÍTULO 1- PREVENÇÃO DO ESCURECIMENTO ENZIMÁTICO E DO	
AMOLECIMENTO EM PÊSSEGOS [<i>Prunus persica</i> (L.) Batsch] MINIMAMENTE	
PROCESSADOS	29
1 Introdução	30
2 Material e Métodos.....	32
3 Resultados e Discussão	34
4 Conclusão	41
 CAPÍTULO 2- RADIAÇÃO UV-C NA CONSERVAÇÃO DE PÊSSEGOS [<i>Prunus</i>	
<i>persica</i> (L.) Batsch] MINIMAMENTE PROCESSADOS	43
1 Introdução	44

2 Material e Métodos.....	45
3 Resultados	51
4 Discussão.....	53
3 CONCLUSÕES	57
4 REFERÊNCIAS.....	58
APÊNDICE – A	68
APÊNDICE – B	75

1 INTRODUÇÃO

O consumo de produtos frescos, frutos e hortaliças, têm sido associados a uma dieta saudável. A importância desta é reconhecida por algumas instituições internacionais governamentais e não-governamentais, as quais têm se dedicado à implementação de políticas nutricionais e campanhas educacionais de conscientização da população para aumentar o consumo de produtos frescos.

O mercado consumidor de frutos e hortaliças minimamente processadas e/ou refrigeradas (MPR) vem aumentando consideravelmente, principalmente em mercados mais desenvolvidos, exigentes e de maior densidade populacional e renda *per capita*. Estudos vêm sendo desenvolvidos na Europa Ocidental, Japão e EUA, em parte como resposta a forte demanda por parte do mercado que vem optando por alimentos mais práticos e que apresentem a maior semelhança possível com os alimentos *in natura*.

Os frutos e hortaliças MPR ou *fresh-cut* são produtos que sofreram operações de limpeza, lavagem, seleção, podendo sofrer descascamento e corte, até chegarem a um produto 100% aproveitável, que é embalado, a fim de oferecer aos consumidores frescor, conveniência e qualidade nutricional.

O processo tecnológico para a obtenção de produtos MPR varia em função da espécie, genótipo e forma de comercialização. No caso específico de pêssego, o processamento engloba as etapas de seleção, classificação, corte, pelagem ou descascamento, descaroçamento, controle do escurecimento enzimático, seleção, embalagem, refrigeração, transporte e comercialização. Os pêssegos MPR são produtos altamente perecíveis, com metabolismo respiratório e de maturação mais ativos do que em frutos *in natura* não processados. Dessa forma, há necessidade de adoção de medidas de prevenção à deterioração imediatamente após o início do processamento e durante a conservação. Além disso, a maioria das cultivares de pêssego é altamente sensível ao escurecimento enzimático, seja pela elevada concentração de compostos fenólicos e/ou atividade de enzimas oxidativas, com destaque para polifenoloxidases (PPO) e peroxidases (POD).

Para atender à demanda de frutos MPR, algumas tecnologias emergentes de conservação de alimentos foram implementadas e estão sendo exaustivamente estudadas. Uma abordagem “não-térmica” de preservação de alimentos representa uma tentativa de substituir os métodos químicos e térmicos na conservação de alimentos, como a radiação ultravioleta do tipo C (UV-C), um tipo de radiação não-ionizante com comprimento de onda entre 100 e 280nm, que se constitui num método de conservação que contribui para a preservação de alimentos.

O trabalho tem como objetivo avaliar a combinação de compostos antioxidantes na prevenção do escurecimento enzimático e na preservação da textura de pêssegos MPR da cultivar Esmeralda, assim como testar a utilização de radiação ultravioleta nesses frutos como tratamento físico capaz de melhorar o potencial de conservação após o processamento mínimo, inclusive proporcionando aumento da síntese de compostos de interesse nutricional e funcional.

2 REVISÃO DE LITERATURA

As alterações nos hábitos alimentares e preferência do consumidor, assim como no estilo de vida e a valorização econômica do trabalho da mulher, são fenômenos sociais que produziram forte impacto no agronegócio (VILELA & MACEDO, 2000). Frutos e vegetais frescos cresceram em popularidade em detrimento dos produtos industrializados e, ao mesmo tempo, houve uma crescente procura por produtos de alta qualidade e de fácil preparo (MERMELSTEIN, 2001; KORHONEN, 2002). Como resultado, a demanda por frutos e hortaliças minimamente processadas e refrigeradas (MPR) tem evoluído rapidamente (RAGAERT, 2004).

Entre os fatores alimentares identificados que podem diminuir o risco de desenvolvimento de doenças como câncer, está o consumo de frutos e hortaliças ricas em substâncias antioxidantes, tais como as vitaminas E e C, carotenóides e compostos fenólicos, que protegeriam o organismo dos efeitos nocivos dos radicais livres (SERAFINI, 2001).

A procura de produtos prontos para o consumo, com qualidade de frescos e contendo apenas ingredientes naturais tem aumentado constantemente devido aos novos estilos de vida dos consumidores. A demanda pelo consumo de produtos MPR e alimentos *in natura* tem crescido na ordem de 2,5 a 5,0% ao ano (ROMBALDI *et al.*, 2007).

Os produtos MPR são conceituados como frutos e hortaliças modificados fisicamente, mas que mantêm o seu estado *in natura* (CANTWELL, 2000). O propósito desses alimentos é proporcionar ao consumidor produtos que aliam praticidade e comodidade, dispensando, na maioria das vezes, a operação de preparo antes de serem consumidos (MORETTI, 2001). Esse segmento é um dos que mais cresce no mercado varejista de alimentos. No entanto, o processamento mínimo ainda necessita de estudos para superar as dificuldades tecnológicas em manter a boa qualidade sanitária, sensorial, nutricional e funcional desses produtos (SOLIVA-FORTUNY & MARTIN-BELLOSO, 2003).

2.1 Temperatura de Armazenamento

Os produtos MPR devem ser armazenados em temperatura adequada, sendo este o fator mais importante no retardamento da perda de umidade, na alteração da composição da atmosfera ao redor do produto, na perda das características nutricionais, na minimização da contaminação microbiológica, bem como, na manutenção da qualidade sensorial dos mesmos. Portanto, é essencial que estes produtos sejam mantidos em refrigeração, a fim de proporcionar a manutenção e o prolongamento do tempo de estocagem, minimizando as injúrias provocadas pelo processamento (BRECHT *et al.*, 2003; SARANTÓPOULUS *et al.*, 2003; SILVA *et al.*, 2003; RINALDI, 2005).

O armazenamento em baixas temperaturas é um fator importante na conservação de frutos e hortaliças MPR, visto que regula a velocidade das reações bioquímicas e fisiológicas, bem como controla o desenvolvimento microbiano (LIMA, 2000).

Os produtos MPR geralmente são mais perecíveis que os que lhes deram origem e, por isso, devem ser mantidos a baixas temperaturas, sendo 0°C considerada ideal. Entretanto, por razões econômicas, são utilizadas temperaturas entre 5 e 10°C, acelerando assim o processo de deterioração dos mesmos (SCHLIMME, 1995).

Teixeira *et al.* (2001) ao verificarem a possibilidade do uso de mamão "Formosa" como fruto MPR, concluíram que esse produto na forma de pedaços (2,5 x 2,5cm e 2,5 x 5,0cm) embalados em copos plásticos, teve aumentada sua conveniência para consumo, e quando mantidos a 3, 6 e 9°C, conservaram-se por sete dias sem alterações físico-químicas ou sensoriais significativas.

Apesar da utilização de embalagens sob atmosfera modificada, visando aumentar a vida útil destes produtos, elas não superam os efeitos negativos causados pelo aumento da temperatura, ressaltando desta forma a importância da utilização de baixas temperaturas durante o processamento e armazenamento de vegetais minimamente processados (ARRUDA *et al.*, 2003).

Avaliando o efeito da temperatura de comercialização (15°C) sobre a qualidade físico-química, microbiológica e sensorial do melão espanhol MPR, Damasceno *et al.* (2005) concluíram que a mesma acelera a alteração do produto, restringindo sua vida útil para apenas 24 horas; considerando que a refrigeração

doméstica, na maioria das vezes, apresenta temperatura superior à 4°C, vê-se a necessidade de esclarecer, no rótulo, a temperatura e o período de armazenamento adequado para o produto; ficou claro, também, que o prolongamento do período de armazenamento e o aumento da temperatura favorecem as alterações microbiológicas e físico-químicas que afetam diretamente a qualidade sensorial do produto.

O efeito de corte (cubos ou fatias) e a temperatura de armazenamento (5; 10 e 20°C) interferem na qualidade total do mamão papaia, cv. "Maradol", minimamente processado. A produção do CO₂ foi elevada no dia zero para cubos e fatias com uma média de 150 e 100mL.kg⁻¹.h⁻¹, respectivamente. A temperatura de armazenamento não acarretou mudanças de cor, entretanto, temperaturas mais baixas impediram a perda de consistência. A fruta armazenada a 20°C mostrou o mais baixo valor de SST e perdas de peso mais elevadas. Geralmente, os parâmetros de qualidade não foram afetados pela forma, entretanto, as fatias armazenadas a 5 e 10°C tiveram uma vida útil de um e dois dias a mais do que cubos, respectivamente (RIVERA-LÓPEZ *et al.*, 2005).

2.2 Micro-organismos

Os cortes ou danos no tecido da planta promovem a liberação de nutrientes e enzimas intracelulares que favorecem a atividade enzimática e a proliferação de microrganismos no produto (ZAGORY, 1999; MASIH *et al.*, 2002). A atividade microbiana em produtos minimamente processados pode ser influenciada pelo metabolismo do tecido da planta, pela atmosfera modificada, pela permeabilidade do filme de embalagem e pela temperatura de estocagem.

O número e o tipo de micro-organismos presentes em produtos minimamente processados são muito variados e a contagem de bactérias mesófilas nesses produtos após processamento varia de 10³ a 10⁹UFC.g⁻¹ (ZAGORY, 1999). Para esse autor, apesar da existência de uma ampla e variada literatura sobre a dinâmica de população microbiana em produtos minimamente processados, os resultados são muitas vezes contraditórios, gerados sob diferentes condições experimentais e avaliados de acordo com diferentes critérios, além de refletir as condições e meios de cultura usados nas análises microbiológicas. Esse autor

acrescentou ainda que a correlação entre o desenvolvimento de um elevado número de microrganismos e o fim da vida útil do produto é questionável em razão de dados na literatura disponível.

Não há informações na legislação brasileira quanto aos limites de contagens tolerados para micro-organismos para frutos e hortaliças minimamente processadas. A Resolução RDC nº 12 (BRASIL, 2001) prevê padrões microbiológicos para hortaliças e frutos frescos, *in natura*, preparadas (descascadas, selecionadas ou fracionadas), sanificadas, refrigeradas ou congeladas, para o consumo direto, com ausência em 25g para *Salmonella sp.* e 102 NMP.g⁻¹ para coliformes a 45°C.

Antoniolli *et al.* (2007) ao determinar a composição gasosa ótima para o armazenamento do abacaxi, cv. "Pérola", minimamente processado, particularmente com relação à melhoria da qualidade visual e à redução do crescimento microbiano, concluíram que a combinação 5% O₂:15% CO₂ reduziu ligeiramente o crescimento microbiano, além de não ser detectada a presença de coliformes totais e fecais. Entretanto esse fruto parece ser pouco sensível ao armazenamento sob atmosfera controlada, considerando-se que ao término do mesmo as fatias apresentavam-se pouco escurecidas e livres de contaminação que comprometesse a segurança do alimento.

2.3 Atmosfera de Armazenamento

Os frutos têm diferentes limites de tolerância aos níveis reduzidos de O₂ e elevados de CO₂. A redução dos níveis de O₂ a valores abaixo de 2% pode conduzir à respiração anaeróbica, enquanto o acúmulo excessivo de CO₂ também é prejudicial. Dessa forma, a seleção de um filme com permeabilidade compatível à taxa de respiração do produto e o controle da temperatura são requisitos importantes para o armazenamento em atmosfera modificada. Flutuações na temperatura de armazenamento, aumento na taxa respiratória e impermeabilidade do filme podem alterar o equilíbrio de gases dentro da embalagem, conduzindo a condições inadequadas de armazenamento (PÉREZ *et al.*, 1997).

O envolvimento de frutos em simples embalagens plásticas, ou em sofisticados filmes poliméricos, é uma maneira exequível de manipular a atmosfera ao seu redor. A modificação da atmosfera em uma embalagem plástica pode ser

estabelecida de forma passiva ou ativa. Enquanto na atmosfera modificada ativa é feita uma injeção de gases na embalagem, no momento em que o produto nela é colocado, a atmosfera modificada passiva se estabelece pela própria respiração do produto e a permeabilidade do material de embalagem. Existem várias formulações de policloreto de vinila (PVC) que são utilizadas na produção de filmes. Os filmes de PVC apresentam uma taxa de permeabilidade ao vapor de água moderada e podem apresentar altas taxas de permeabilidade ao oxigênio e dióxido de carbono, o que permite sua utilização em embalagens para produtos MPR (SARANTÓPOULOS *et al.*, 1998).

O uso de atmosfera modificada é hoje uma realidade no armazenamento de frutos e hortaliças, sendo um forte complemento para se manter a qualidade e estender a vida pós-colheita, desde que se tenha o controle do binômio temperatura e umidade. A atmosfera modificada baseia-se na combinação das características de permeabilidade do filme utilizado com a taxa de respiração e produção de etileno dos frutos. Havendo essa correta combinação, propicia-se uma atmosfera apropriada dentro da embalagem para um favorável consumo de O_2 e produção de CO_2 pela respiração. Entre os filmes mais utilizados, os de cloreto de polivinila (PVC) apresentam maior permeabilidade ao vapor de água (KADER, 1998), sendo por isso bastante utilizado para evitar perdas em frutos, principalmente quando associados ao armazenamento refrigerado, devido à praticidade, custo relativamente baixo e alta eficiência (SOUSA *et al.*, 2002).

A atmosfera modificada promove a redução da respiração do produto e das taxas de processos metabólicos, resultando em uma retenção do estado fisiológico e inibição do crescimento de micro-organismos deteriorantes (JACXSENS, 2002). Os filmes plásticos influenciam as taxas de resfriamento e aquecimento do alimento e devem ser considerados na seleção de procedimentos apropriados ao estabelecimento da temperatura de estocagem adequada ao produto embalado.

Arruda *et al.* (2003) com o objetivo de verificar a influência de diferentes embalagens, tais como, filmes poliolefinicos 15 e 58 μ m, polietileno de baixa densidade 87 μ m, polipropileno 52 μ m, filme multicamada 65 μ m e embalagem rígida de politereftalato de etileno (PET), na preservação da qualidade de melões rendilhados MPR, armazenados a 3°C, concluíram que os filmes utilizados não promoveram modificação efetiva da atmosfera, mas a embalagem rígida de PET proporcionou, a partir do 6º dia, uma atmosfera de equilíbrio com 12% O_2 :7% CO_2 ;

as características físico-químicas foram mantidas em todos os tratamentos, enquanto as sensoriais apenas naqueles acondicionados na embalagem PET. A modificação passiva da atmosfera não foi verificada na extensão desejada com as embalagens estudadas, provavelmente devido à baixa taxa respiratória nesta temperatura, associada à alta relação entre área de permeação da embalagem e massa de melão.

Pereira *et al.* (2003), trabalhando com goiabas osmoticamente desidratadas, concluíram que esses frutos acondicionados sob atmosfera modificada em embalagens PET e estocadas a 5°C, apresentaram uma vida-de-prateleira de 24 dias, mantendo seus atributos sensoriais e características físico-químicas praticamente constantes, indicando também que a combinação desses fatores resultou num produto mais estável à contaminação microbiológica e de melhor aceitação pelo consumidor, quando comparado aos controles, e de características similares à fruta fresca.

A principal vantagem da atmosfera modificada ativa está na rapidez com que a atmosfera desejada é estabelecida. Arruda *et al.* (2004) ao avaliar os efeitos de materiais de embalagem, associados à atmosfera modificada ativa na manutenção da qualidade de melões MPR, concluíram que os mesmos quando armazenados a 3°C sem atmosfera modificada conservaram-se por seis dias; entretanto quando acondicionados em filme poliolefínico (64µm) com 5% O₂:20% CO₂:75% N₂ e a 3°C conservaram-se por nove dias, enquanto que acondicionados em filme multicamada (65µm) ou filme de polipropileno (52µm), sob mesma atmosfera e temperatura, por 12 dias. Portanto a atmosfera modificada ativa mostrou-se eficiente no controle de microrganismos em melões rendilhados MPR, armazenados a 3°C.

Ao avaliar a embalagem mais adequada para o armazenamento de melão MPR, se tereftalato de polietileno (PET) ou bandeja de polietileno expandido com cobertura de policloreto de vinila (PVC), e o armazenamento a 4 e 10°C, Pizarro *et al.* (2006) concluíram que a embalagem PET e a temperatura de 4°C são as mais indicadas para a preservação das características do fruto por até três dias, e ainda que, após cinco dias de armazenamento, não houve destaque de qualquer dos tratamentos estudados, sendo este o prazo máximo para sua aceitação sensorial.

Ao avaliarem mudanças pós-colheita em fatias de carambola (*Averrhoa carambola* L. cv. "Fwang Tung") MPR, em três embalagens (bandejas de polietileno tereftalato (PET), bandejas de poliestireno seladas com filme PVC 0,017mm e sacos

de poliolefina (PLO) selados a vácuo) armazenadas a 6,8°C e 90% U.R. por 12 dias, Teixeira *et al.* (2007) concluíram que as bandejas de PET e a película de PVC não modificaram significativamente a atmosfera interna, sendo que a alta permeabilidade à água do PVC conduziu a uma dessecação mais rápida das fatias, e ainda que a atividade da enzima PPO fosse mais baixa nas fatias em sacos de PLO selados a vácuo.

Moraes *et al.* (2008) ao utilizar morangos MPR, cv. "Oso Grande", mantidos em três diferentes atmosferas (3% O₂:10% CO₂, 3% O₂:15% CO₂ e ambiente), a cinco e 10 °C, durante sete dias, com o objetivo de avaliar suas características físicas e químicas ao longo do armazenamento, concluíram que a utilização das atmosferas foi importante para a manutenção da qualidade dos frutos, pois mantiveram melhor firmeza em relação à atmosfera ambiente e foram mais efetivas no controle da perda de massa. Todavia, os frutos processados minimamente mantidos nestas atmosferas apresentaram menor teor de antocianinas que os mantidos em atmosfera ambiente, e ainda, o aumento da temperatura, de 5 para 10 °C, não influenciou de forma significativa as variáveis físicas e químicas avaliadas.

2.4 Características Sensoriais

A seleção e o consumo de alimentos são fenômenos complexos influenciados por vários fatores. Geralmente, as propriedades sensoriais têm sido consideradas como determinantes na seleção de um produto pelo consumidor. Entretanto, é evidente que outros aspectos também desempenham importante função neste processo (GUERRERO *et al.*, 2000).

Para produtos alimentícios o consumidor pode usar a aparência, um fator intrínseco, como um parâmetro de qualidade (JAEGGER, 2001). Dentro deste contexto, a embalagem/rótulo (fator extrínseco) exerce papel fundamental na intenção de compra do consumidor, pois funciona como um meio para chamar a atenção e fornecer informação, afetando assim, a percepção da qualidade (SLOAN, 2003).

Ao avaliar a composição química e aspectos sensoriais e microbiológicos de goiabas cv. "Paluma" e "Pedro Sato" processadas minimamente e armazenadas a 3°C, Mattiuz *et al.* (2003) verificaram que o conteúdo de ácido ascórbico diminuiu em

ambas cultivares, enquanto que houve aumento no conteúdo de lignina, da porcentagem de solubilização das pectinas, ocorrendo também a manutenção dos conteúdos de sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT) e da relação SST/ATT, e ainda que a cultivar "Pedro Sato" apresentou menor perda de textura, foi considerada como a mais saborosa e a que apresentou a menor contagem microbiana ($<10^3$ UFC.g⁻¹).

Silva *et al.* (2005) sugeriram para o processamento mínimo de abacaxi o corte em fatia e um tempo de armazenamento de oito dias, visto que este tipo de corte apresentou melhor comportamento durante o período de armazenamento.

Fontes *et al.* (2007) concluíram que maçã MPR, cv. "Royal Gala", tratada com solução conservante (1% ácido ascórbico, 0,5% ácido cítrico, 0,25% cloreto de cálcio e 0,7% cloreto de sódio) apresentou notas destacadas nos parâmetros aparência, odor e textura, semelhantes à maçã *in natura* recém cortada, e ainda que, no parâmetro sabor, mostrou-se diferenciada da mesma em virtude dos ácidos e sais presentes na solução.

Raybaudi-Massilia *et al.* (2007) demonstraram que a utilização de substâncias naturais como N-acetil-L-cisteína (1%), glutatona (1%) e lactato de cálcio (1%) + ácido málico (2,5%) pode ser uma alternativa de baixo custo na prevenção do escurecimento e manutenção da estabilidade microbiológica de maçãs, cv. "Fuji", minimamente processadas, conseguindo manter sua cor por até quatorze dias em embalagens seladas de polipropileno, mantidas a 5°C.

O uso da solução de cloreto de cálcio promoveu maior firmeza na textura de melancias minimamente processadas, porém não se mostrou efetivo no prolongamento da vida útil, que foi de dois dias sob o ponto de vista sensorial (Miguel *et al.*, 2007).

Ao investigar o efeito do tratamento térmico moderado combinado com a aplicação de cálcio na manutenção da qualidade de kiwi MPR, com os frutos sendo imersos por 25min em água deionizada a 45°C ou em soluções de CaCl₂ (1; 2 e 3 %) e refrigerados a 4°C, 24h antes de descascados, sanitizados, fatiados e embalados, a fim de avaliar a consistência das fatias durante os oito dias de armazenamento, Beirão-da-Costa *et al.* (2008) concluíram que o tratamento térmico induziu um efeito de firmeza e evitou o amaciamento das fatias, provavelmente devido à ativação da pectinametilesterase, enquanto que a presença de cálcio na solução reduziu ou inibiu a ativação da enzima. Uma perda de cálcio foi observada

no tratamento térmico, mas este efeito foi minimizado quando conduzido na solução de CaCl_2 a 3%.

2.5 Escurecimento Enzimático

Apesar dos frutos e hortaliças MPR apresentarem-se com características similares à matéria-prima, os tecidos vegetais *in natura* mantêm atividade metabólica após o processamento, de modo geral mais acelerada do que o produto não processado, mesmo sob refrigeração. Estes produtos deterioram-se rapidamente, perdendo qualidade, especialmente cor e textura, como resultado da liberação de enzimas endógenas, aumento da taxa de respiração e crescimento microbiano, levando também a uma redução da vida útil do mesmo (WILEY, 1997). Estas alterações indesejáveis na qualidade são aceleradas por danos mecânicos às células, causados pelas operações de descasque e corte, o que permite o contato das enzimas com o substrato (DURIGAN & CASSARO, 2000).

A manutenção da cor natural é um dos fatores importantes que determinam a qualidade em frutos e hortaliças MPR (GORNY *et al.*, 1999). Modificações na coloração durante a colheita, pós-colheita, processamento e armazenamento causam queda na qualidade, quando não controlados, tornando-se um grande desafio na elaboração desses produtos. O escurecimento enzimático é um fenômeno amplamente difundido que induz severas mudanças de cor, sabor indesejável e perdas nutricionais (GIRNER *et al.*, 2002).

As alterações de cor ocorrem por reações de origem enzimática ou não. No primeiro caso, destacam-se as atividades das enzimas polifenoloxidase (PPO) e peroxidase (POD), constituindo importante grupo de enzimas associadas ao escurecimento, amplamente encontradas em tecidos vegetais (FUNAMOTO *et al.*, 2003). As primeiras são as principais responsáveis pelo escurecimento enzimático em pêssegos (GIRNER *et al.*, 2002). Estas apresentam cobre em sua estrutura molecular, atividade principalmente para o catecol e catalisam reações de oxidorredução em que a própria PPO funciona como receptor de elétrons.

Os fenóis encontrados na polpa de frutas são oxidados pelas polifenoloxidases, dando origem a quinonas, que se polimerizam e formam os compostos de coloração escura, denominados melanoidinas (GIRNER *et al.*, 2002).

A peroxidase catalisa quatro tipos de reações: peroxidação, oxidação, catalítica e hidroxilação. Para substratos fenólicos, somente as reações de peroxidação são importantes (RANIERI *et al.*, 2001). Além disso, a ação da enzima objetiva principalmente controlar o nível de peróxidos gerados em quase todos os compartimentos celulares e na ausência de um doador de hidrogênio, a peroxidase converte peróxido de hidrogênio em H_2O e O_2 (TIJSKENS *et al.*, 1997), sendo essa reação mais lenta que a de peroxidação (WHITAKER, 1994).

Um dos maiores problemas que reduz o tempo de conservação de frutos e hortaliças MPR é o escurecimento enzimático que ocorre na superfície exposta ao corte. Essa deterioração tem um grande impacto visual que diminui a qualidade comercial, a aceitação sensorial e o valor nutritivo. Existem várias metodologias para medir esse escurecimento e as características da enzima polifenoloxidase, assim como tratamentos químicos e físicos para inibi-lo ou controlá-lo. Os inibidores químicos são classificados de acordo com o local onde atuam, se na enzima, no substrato, ou nos produtos da reação (ARTÉS *et al.*, 1998).

Avaliando o tempo de conservação de 13 cultivares de pêssego (entre dois e 12 dias a $0^{\circ}C$), em atmosfera controlada ($0.25kPa O_2:10$ ou $20kPa CO_2$), Gorny *et al.* (1999) concluíram que as cultivares "O'Henry" e "Elegant Lady" obtiveram um pequeno acréscimo no seu tempo de conservação, de um a dois dias além do controle, e ainda que a imersão das fatias em solução de ácido ascórbico (2%) + lactato de cálcio (1%) resultou numa limitada redução do escurecimento da superfície e no amaciamento do tecido do fruto em pêssegos da cultivar "Carnival".

Fatias de banana MPR tratadas com sumo de ananás, açúcares neutros, ácido isoascórbico, ácido cítrico, N-acetilcisteína, 4-hexilresorcinol e misturas desses compostos, após o armazenamento a 5 e $15^{\circ}C$ durante sete dias, revelaram que os tratamentos com ácido cítrico (0,5M) e N-acetilcisteína (0,05M) foram altamente eficazes na redução do escurecimento em ambas as temperaturas (MOLINE *et al.*, 1999).

O tempo de conservação do purê de abacate MPR depende extremamente da estabilidade oxidativa da fração lipídica. A adição de α -tocopherol ($100 mg.L^{-1}$) ou de ácido ascórbico ($200 mg.L^{-1}$) estabilizaram o produto por no mínimo 24 semanas em armazenamento refrigerado, com o primeiro sendo o antioxidante mais eficaz, embora o ácido ascórbico tenha sido igualmente vantajoso por ter apresentado

efeito benéfico na fração aquosa do abacate, retardando seu escurecimento (ELEZ-MARTÍNEZ *et al.*, 2005).

Ao estudar o efeito de agentes naturais anti-escurecimento como 4-hexilresorcinol, glutatona, N-acetilcisteína e ácido ascórbico, e tempo de armazenamento (14 dias) na coloração de maçãs MPR, cv. "Fuji", Rojas-Graü *et al.* (2006) verificaram que o tempo de armazenamento teve um efeito significativo em todos os parâmetros [L^* , a^* , b^* , ângulo de cor (h°) e diferença de cor (ΔE^*)], com o 4-hexilresorcinol apresentando o efeito mais eficaz na manutenção desses parâmetros. Adicionalmente, a interação glutatona/N-acetilcisteína demonstrou ter um efeito significativo de manutenção dos valores de a^* ao longo do tempo, e, por outro lado, o tratamento com N-acetilcisteína, em concentrações superiores a 0,75%, pode ser usado para preservar o a^* e h° , enquanto que o 4-hexilresorcinol e a N-acetilcisteína indicaram possuir um efeito significativo na ΔE .

A maturação do fruto é um fator determinante na manutenção da cor original e, em maior medida, da textura de fatias de maçã MPR; fruto maduro-verde (em função de sua baixa respiração e formação de álcool etílico) foi a mais apropriada ao processamento a fim de estender a vida útil pós-corte (SOLIVA-FORTUNY *et al.*, 2006). Esses autores, ao submeterem fatias de maçã por imersão ao ácido ascórbico ($C_6H_8O_6$) e ao cloreto de cálcio ($CaCl_2$) e armazená-las sob 100% N_2 , demonstraram que as mesmas tiveram preservadas sua cor original, entretanto, esse método de processamento e de embalagem não pôde impedir uma perda progressiva de consistência de 8,0 a 4,8N.

Melo *et al.* (2006) ao avaliarem o efeito de tratamentos químicos contendo cloreto de cálcio ($CaCl_2$), ácido ascórbico, cloridrato de L-cisteína e ácido etilenodiaminotetracético (EDTA), na manutenção da qualidade visual e redução do escurecimento enzimático de bananas maçã MPR, armazenadas a 5°C por cinco dias em atmosfera modificada, verificaram que o tratamento com ácido ascórbico 1%+ $CaCl_2$ 1%+cisteína 1,5% foi o mais efetivo na prevenção das modificações associadas à coloração desse fruto, e ainda que os tratamentos com EDTA e o anterior foram os mais efetivos na contenção da atividade da PPO e da POD, respectivamente.

Lamikanra & Watson (2006) ao analisarem a atividade da POD e da PPO em melão cantaloupe (*Cucumis melo* L., var. *reticulatus*) MPR, assim como o efeito do ácido ascórbico durante o armazenamento a 4°C, concluíram que a atividade da

POD diminuiu com o armazenamento e foi inibida pelo tratamento com ácido ascórbico, enquanto que a atividade da PPO foi muito fraca e o índice de compostos fenólicos oxidáveis insignificante.

Ao avaliar o efeito de agentes naturais, como 4-hexilresorcinol, N-acetilcisteína e glutatona, como alternativa ao ácido ascórbico na manutenção da cor em fatias de maçã, cv. "Fuji", armazenadas à 4°C por até 14 dias, Rojas-Graü *et al.* (2008) concluíram que a atividade da PPO foi aumentada com o tempo de armazenamento, sendo inibida pelo uso individual de N-acetilcisteína e de glutatona, enquanto que a atividade da POD foi inibida eficazmente pelo uso combinado de ácido ascórbico com alguns dos outros agentes. Por sua vez o tratamento individual com N-acetilcisteína (1%) ajudou na manutenção da cor durante os 14 dias, visto que o uso do ácido ascórbico não foi suficiente para impedir o escurecimento no primeiro dia de armazenamento. Os resultados obtidos corroboraram a eficácia de outros agentes naturais anti-escurecimento sobre o uso do ácido ascórbico no controle do escurecimento enzimático de maçãs MPR.

Koukounaras *et al.* (2008), ao investigarem diferentes parâmetros de tratamento térmico (intensidade, duração e momento da aplicação) e seu efeito na qualidade de pêssegos MPR, armazenados em atmosfera modificada por seis dias a 5°C, concluíram que o tratamento realizado quatro horas antes do descascamento/corte, a 50°C por 10 minutos, foi o que apresentou efeito mais benéfico, ao controlar eficazmente o escurecimento e manter a consistência. Adicionalmente, concentrações significativamente mais baixas de CO₂ e de etileno foram encontradas na atmosfera da embalagem, entretanto, foi observado um efeito insignificante do tratamento térmico na composição química (ácido ascórbico, fenóis solúveis totais e antioxidantes totais), sendo que reduziu o teor de carotenóides totais e os valores de cor das fatias. Por fim, a atividade da pectinametilesterase (PME) foi significativamente mais elevada nos primeiros dois dias de armazenamento, enquanto nenhuma diferença foi observada na atividade da PPO.

2.6 Substâncias Antioxidantes

Vários aminoácidos contendo enxofre e seus derivados são investigados como inibidores do escurecimento enzimático (GORNY *et al.*, 2002). A cisteína é um

aminoácido que contém um grupo tiol, com ação redutora; seu poder de inibição do escurecimento varia de acordo com a razão de concentração cisteína/fenólico (RICHARD-FORGET *et al.*, 1992); age reduzindo θ -quinonas de volta ao seu precursor θ -difenol, impedindo a formação de pigmentos escuros ou reagindo com θ -quinonas para produzir compostos incolores.

O ácido ascórbico e seus vários sais neutros, reconhecidos por sua ação redutora e contribuição nutricional (vitamina C), são os principais antioxidantes para o uso em frutos e hortaliças e seus sucos, visando prevenir o escurecimento e outras reações oxidativas (WILEY, 1997). Ele atua sequestrando o cobre, grupo prostético da PPO, e reduzindo quinonas de volta a fenóis, antes de formarem pigmentos escuros (SAPPERS & MILLER, 1998).

Sais de cálcio, particularmente o cloreto e o lactato, têm sido utilizados, geralmente em combinação com agentes antioxidantes, na prevenção do amaciamento de vegetais minimamente processados (RAYBAUDI-MASSILIA *et al.*, 2007).

2.7 Radiação Ultravioleta

A demanda pelo consumo de produtos minimamente processados e alimentos *in natura* tem crescido na ordem de 2,5 a 5,0% ao ano (ROMBALDI *et al.*, 2007). Para atender essa demanda, algumas tecnologias emergentes de conservação de alimentos foram implementadas e estão sendo exaustivamente estudadas. Uma abordagem “não-térmica” de preservação de alimentos representa uma tentativa de substituir os métodos químicos e térmicos na conservação de alimentos.

Vários estudos têm demonstrado que a radiação ultravioleta, um tipo de radiação não-ionizante com comprimento de onda entre 100 e 280nm, constitui-se num método de conservação que contribui para a preservação de alimentos (BAKA, *et al.*, 1999; STEVENS, *et al.*, 2005; LÓPEZ-RUBIRA, *et al.*, 2005; GONZÁLES-AGUILAR, *et al.*, 2007). Além disso, a radiação ultravioleta age como um agente estressor abiótico, capaz de ativar mecanismos de defesa dos tecidos vegetais (MERCIER, 1997). Isto inclui a síntese e acúmulo de compostos antimicrobianos (fitoalexinas), modificações na parede celular, aumento na atividade de enzimas

antioxidantes, assim como aumento da síntese de moléculas antioxidantes, proporcionando proteção à deterioração e inclusive melhorando o potencial funcional do alimento (BAKA, *et al.*, 1999; BARKA, 2001; GONZÁLES-AGUILAR *et al.*, 2007; CHARLES *et al.*, 2008ac; ALOTHMAN *et al.*, 2009).

Alothman *et al.* (2009) concluíram que um tempo maior de tratamento por radiação UV-C resultou em maiores valores de inibição pelo radical livre DPPH (2,2-difenil-1-picrilidrazila) em banana, enquanto que em abacaxi e goiaba permaneceram estáveis.

González-Aguilar *et al.* (2004) concluíram que tratamentos com UV-C por 3, 5 e 10min reduziram significativamente a injúria por refrigeração após 14 e 21 dias de armazenamento a 5°C, aumentando em sete dias o prazo de validade a 20°C de pêssegos, cv. Jefferson, além de permanecerem com maior firmeza em comparação ao controle e aqueles expostos a um maior tempo de tratamento (15 e 20min).

Alothman *et al.* (2009) verificaram que o conteúdo de vitamina C diminuiu com o aumento do tempo de exposição à radiação UV-C (10, 20 e 30min) em abacaxi, banana e goiaba, assim como González-Aguilar *et al.* (2001) relataram o efeito negativo de radiação UV-C em manga, cv. "Tommy Atkins", quando comparado ao controle.

Os compostos fenólicos dos frutos são relevantes em termos de qualidade, participam em atributos como aparência (pigmentação e escurecimento), sabor (adstringência) e propriedades de promoção à saúde (sequestro de radicais livres) (TOMÁS-BARBERÁN & ROBINS, 1997). A radiação UV-C, que utiliza comprimento de onda de 250 a 280nm, induz a síntese de compostos fenólicos totais (CFT) e flavonóides nos vegetais (FROHNMEYER & STAIGER, 2003; GITZ *et al.*, 2004), como mecanismos de defesa contra a radiação. Alothman *et al.* (2009) demonstraram que a radiação UV-C aumentou significativamente o teor de CFT em banana e goiaba, à medida que aumentou o tempo de exposição (10, 20 e 30min). Resultados similares encontraram González-Aguilar *et al.* (2007) em manga, cv. "Haden", submetida à radiação UV-C por cinco e 10 minutos, assim como Hagen *et al.* (2007), em maçã.

Da mesma forma, Charles *et al.* (2008abc), demonstraram que a radiação UV-C induz mecanismos de defesa frente à micro-organismos em tomate, podendo contribuir para a melhoria da qualidade funcional desse fruto.

Existem relatos de que a radiação UV-C em tecidos vegetais pode induzir o aumento da síntese e atividade da enzima fenilalaninamonialase (PAL) (FRIETZENHEIMER & KINDLL, 1981). Barka *et al.* (2001) relataram uma ativação de enzimas envolvidas nos mecanismos de defesa, como a PAL, em tomates expostos à radiação UV-C, assim como Gonzáles-Aguilar *et al.* (2007) verificaram que mangas tratadas por UV-C por cinco e 10 minutos, apresentaram uma elevação dos valores de atividade da PAL até o sexto dia de armazenamento a 25°C.

2.8 Fruto

O pessegueiro é uma espécie nativa do Oriente Médio e China que pertence à família das Rosáceas. Todas as cultivares comerciais pertencem à espécie *Prunus persica* (L.) Batsch, sendo admitidas três variedades botânicas: (a) vulgaris (pêssego comum); (b) nucipersica (nectarina); e (c) platicarpa (pêssego achatado) (MEDEIROS e RASEIRA, 1998).

O pêssego é um fruto climatérico da espécie *Prunus persica* (L.) Batsch, originária da Ásia. Sua expressiva produção comercial no mundo, geralmente localiza-se em região de clima temperado, entre as latitudes 30° N e 45° S. Suas peculiaridades de sabor e aroma resultam do equilíbrio de açúcares, ácidos orgânicos, compostos fenólicos e carotenóides e compostos voláteis, fazendo do pêssego um fruto muito apreciado e de grande importância comercial (GIL *et al.*, 2002).

No Brasil a produção é focada em pêssegos de caroço aderido ou tipo indústria (*clingstone*) e caroço semi-aderido ou dupla finalidade (*semicling*) mais apropriados para conservas, mas com grande potencial para o processamento de sucos e polpas (MEDEIROS e RASEIRA, 1998).

É um dos frutos que mais rapidamente se difundiu pelo mundo. No estado do Rio Grande do Sul a persicultura expandiu-se, especialmente na região centralizada pelo município de Pelotas, onde encontrou condições edafoclimatológicas favoráveis à sua adaptação e cultivo, tornando-se a maior produtora brasileira de pêssegos, com 65% do volume nacional (BANCO DE DADOS ZONA SUL – RS, 2009). Tal situação propiciou a instalação de um parque

industrial na área de processamento de alimentos, tendo o pêssego como principal matéria-prima. No entanto, quase a totalidade de sua produção é industrializada na forma de fruto em calda, o que gera uma carência de pesquisa e desenvolvimento de tecnologias para outros produtos (BANCO DE DADOS ZONA SUL – RS, 2009; RIGON *et al.*, 2005).

Na região, durante quase 50 anos da cultura, foram desenvolvidas e adaptadas muitas cultivares entre elas destacam-se as de maior produção como a Granada, Jade, Esmeralda, Diamante, Granito, Maciel, Eldorado, Jubileu, BR-6 e Magno (MEDEIROS e RASEIRA, 1998). Estudos com relação à qualidade dessas variedades têm mostrado que os frutos de cultivares nacionais apresentam bom grau de qualidade com relação ao sabor, textura e relação doçura/acidez, todavia esses parâmetros não foram estudados para pêssegos MPR.

A Esmeralda é uma das mais cultivadas na região de Pelotas; sua produtividade é de média a alta, tendo apresentado, em pomares comerciais, produções equivalentes a 20 ton/ha, tendo boa estabilidade de produção. O fruto é redondo, com sutura levemente desenvolvida, ocasionalmente com pequena ponta. A película é amarelo-escura, e a polpa, amarelo-alaranjada, firme, não fundente, aderente ao caroço. O sabor é doce ácido, adequado ao processamento. É uma cultivar precoce com floração média ocorrendo em 03 de agosto e a maturação em 07 de dezembro, com ciclo de 126 dias, sendo sua necessidade em frio estimada em 350 horas (MEDEIROS & RASEIRA, 1998).

CAPÍTULO 1

**PREVENÇÃO DO ESCURECIMENTO ENZIMÁTICO E DO AMOLECIMENTO EM
PÊSSEGOS [*Prunus persica* (L.) Batsch] MINIMAMENTE PROCESSADOS**

**PREVENTION OF ENZYMATIC BROWNING AND SOFTENING IN FRESH-CUT
PEACHES [*Prunus persica* (L.) Batsch]**

1 INTRODUÇÃO

Os produtos minimamente processados (MP) são conceituados como frutos e hortaliças modificadas mecanicamente, podendo-se associar métodos físicos e/ou químicos, mas que mantêm o alimento o mais próximo possível do estado *in natura* (CANTWELL, 1995). O propósito desses alimentos é proporcionar ao consumidor produtos que aliam praticidade e comodidade, dispensando, na maioria das vezes, a operação de preparo antes de serem consumidos (MORETTI, 2001). Esse segmento é um dos que mais cresce no mercado varejista de alimentos. No entanto, o processamento mínimo ainda necessita de estudos para superar as dificuldades tecnológicas em manter a boa qualidade sanitária, sensorial, nutricional e funcional desses produtos (SOLIVA-FORTUNY & MARTIN-BELLOSO, 2003). Um dos fatores condicionantes dessa dificuldade é o fato de que os frutos e hortaliças MP mantêm-se biologicamente ativos após o processamento, e têm o metabolismo acelerado devido aos danos mecânicos (ROLLE & CHISM, 1987).

O processo tecnológico para a obtenção de produtos MP varia em função da espécie, genótipo e forma de comercialização. No caso específico de pêssego, o processamento engloba as etapas de seleção, classificação, corte, pelagem ou descascamento, descaroçamento, controle do escurecimento enzimático, seleção, embalagem, refrigeração, transporte e comercialização. Os pêssegos MP são produtos altamente perecíveis, com metabolismo respiratório e de maturação mais ativos do que em frutos *in natura* não processados. Dessa forma, há necessidade de adoção de medidas de prevenção à deterioração imediatamente após o início do processamento e durante a conservação. Além disso, a maioria das cultivares de pêssego é altamente sensível ao escurecimento enzimático, seja pela elevada concentração de compostos fenólicos e/ou atividade de enzimas oxidativas, com destaque para polifenoloxidasas (PPO) e peroxidases (POD) (LUH & PHITHAKPOL, 1972; GIRNER *et al.*, 2002). Assim, por exemplo, as cultivares Eldorado e Jubileu são altamente sensíveis ao escurecimento provocado pela PPO, por apresentarem maior afinidade pelo catecol, enquanto as cultivares Maciel, Magno e BR-6, por apresentarem maior concentração de fenóis. Na cultivar Esmeralda esse problema ocorre com menor intensidade (TORALLES *et al.*, 2004), mas mesmo assim, o

escurecimento e a alteração na textura, ainda são fatores limitantes para a utilização tecnológica do processamento mínimo desse fruto.

Dentre as medidas comumente utilizadas para prevenir essas alterações estão o uso de antioxidantes, como ácidos ascórbico/cítrico, aminoácidos e de protetores da textura, como sais de cálcio (GORNÝ *et al.*, 1999; MOLINE *et al.*, 1999; VILAS-BOAS *et al.*, 2001; ELEZ-MARTÍNEZ *et al.*, 2005; ROJAS-GRAÜ *et al.*, 2006; RAYBAUDI-MASSILIA *et al.*, 2007). O ácido L-ascórbico e seus vários sais neutros constituem-se nos principais antioxidantes para o uso em frutos, hortaliças e sucos, visando prevenir o escurecimento e outras reações oxidativas (SAPERS *et al.*, 1993). Além de antioxidante, atua como agente sequestrador de cobre, ativador prostético da PPO, prevenindo a síntese de quinonas, responsáveis pela formação de pigmentos escuros (SAPERS & MILLER, 1998). Aminoácidos que contêm enxofre, bem como seus derivados, foram estudados como inibidores do escurecimento enzimático (GORNÝ *et al.*, 2002). É o caso da L-cisteína, que contém um grupo tiol, capaz de reduzir θ -quinonas em θ -difenóis, impedindo a formação de pigmentos escuros ou reagindo com θ -quinonas para produzir compostos incolores (RICHARD-FORGET *et al.*, 1992).

Outras moléculas antioxidantes como sulfito, bissulfito e metabissulfito de sódio e potássio também são amplamente utilizadas e, em geral, os resultados tecnológicos são excelentes, porém há crescentes restrições legais à utilização dessas substâncias, tendo em vista que indivíduos suscetíveis podem desenvolver reações alérgicas após o consumo desses produtos (SAPERS, 1993).

Sais de cálcio, particularmente o cloreto e o lactato, têm sido utilizados, geralmente em combinação com agentes antioxidantes, na prevenção do amaciamento de vegetais minimamente processados (GORNÝ *et al.*, 1999; VILAS-BOAS *et al.*, 2001; RAYBAUDI-MASSILIA *et al.*, 2007).

O pêssego, cv. Esmeralda, é um fruto climatérico dos mais cultivados na região de Pelotas; o fruto é redondo, com sutura levemente desenvolvida, ocasionalmente com pequena ponta. A película é amarelo-escura e a polpa amarela-alaranjada, firme, não fundente e aderente ao caroço. O sabor é doce ácido, adequado ao processamento (MEDEIROS & RASEIRA, 1998).

Baseando-se no fato de que a L-cisteína e o ácido L-ascórbico atuam tanto como moléculas antioxidantes quanto no controle da atividade das enzimas PPO e POD, e que o cálcio pode contribuir para a preservação da firmeza da polpa,

acredita-se que a combinação destes componentes possa prevenir o escurecimento enzimático, bem como preservar a textura de pêssegos MP da cultivar Esmeralda.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados pêssegos, cv. Esmeralda, safra 2008, provenientes de pomar comercial situado no município de Morro Redondo, RS. Os frutos foram colhidos no estágio de maturação plena. Imediatamente após a colheita foram transportados para Indústria Piloto do Conjunto Agrotécnico “Visconde da Graça”, da Universidade Federal de Pelotas e armazenados em câmara fria por 24h a $1^{\circ}\text{C} \pm 1$ e 80-85% de U.R., seguindo-se o processamento, que constou de classificação em função do diâmetro, dando-se preferência aqueles com no mínimo 6,0cm; seleção, eliminando-se aqueles com danos mecânicos, atacados por insetos e fungos; descaroçamento, utilizando um descaroçador industrial por torção; descascamento em pelador tipo cascata, mediante aspersão de lixívia (NaOH a 10% m/v), a 95°C , com tempo de retenção de cerca de 3min; lavagem em lavador com água à temperatura ambiente; seleção, retoque e corte de cada metade em quatro partes no sentido longitudinal. As fatias foram imersas por 5min nas soluções contendo os seguintes tratamentos: (i) água destilada (controle); (ii) ácido L-ascórbico 1% (m/v) + cloreto de cálcio 1% (m/v); (iii) cloridrato de L-cisteína 1,5% (m/v) + cloreto de cálcio 1% (m/v) e (iv) cloridrato de L-cisteína 1,5% (m/v) + ácido ascórbico 1% (m/v) + cloreto de cálcio 1% (m/v). O excesso de líquido foi drenado e as fatias de pêssegos (200g) foram acondicionadas em bandejas rígidas de polipropileno (11,5 x 8,0 x 4,0cm - Galvanotek[®] - Ref. G-88), as quais foram recobertas por filme de PVC de 30 μm (permeabilidade ao O_2 , CO_2 e vapor d'água de, respectivamente, 15.000, 80.000 e 390 $\text{cm}^3/\text{m}^2/\text{dia}$) e imediatamente armazenadas em câmara fria, durante seis dias, com controle de temperatura ($4 \pm 1^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa ($85 \pm 3\%$ UR). Os tratamentos foram feitos em triplicata e o experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado.

Para monitorar a conservação dos pêssegos durante o armazenamento, avaliou-se, como controle de qualidade, o pH, a acidez total titulável (ATT) e o teor de sólidos solúveis totais (SST). Para testar-se a hipótese, selecionaram-se como

variáveis dependentes, a firmeza, a luminosidade (L^*), o ângulo de cor (h°), a atividade enzimática (PPO e POD) e a avaliação sensorial do produto.

A ATT, o pH e o teor de SST foram determinados seguindo os métodos do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985).

Para a determinação da cor foi utilizado colorímetro “Minolta”, modelo CR-300, com leituras das coordenadas L^* , a^* e b^* , com os resultados expressos em Luminosidade (L^*) e ângulo de cor (h°), calculado pela fórmula $h = \tan^{-1} \cdot (b^*/a^*)$.

A avaliação de firmeza foi realizada por determinação da resistência à penetração usando texturômetro *Texture Analyser*[®], modelo TA. XT. PLUS (*Stable Micro Systems Ltd.*, Surrey, Inglaterra) usando célula de carga de 5kg. O diâmetro da ponta de teste utilizada foi de 2mm, com as velocidades de pré-teste, teste e pós-teste de 2mm.s^{-1} , 2mm.s^{-1} e 10mm.s^{-1} , respectivamente, e distância de penetração de 30mm. A resistência da penetração foi medida como a força necessária para a sonda cilíndrica penetrar a superfície externa da fatia de pêssego de aproximadamente 2cm de altura. Os resultados foram expressos em Newton (N).

As determinações das atividades da polifenoloxidase (PPO) e peroxidase (POD) seguiram o método adaptado por Toralles *et al.*, (2004) a partir do método descrito por FLURKEY & JEN (1978). A atividade enzimática foi determinada por medida do incremento na absorbância a 420nm para PPO e 470nm para POD, utilizando um espectrofotômetro Genesys 10 UV/VIS, sendo os resultados expressos como atividade enzimática capaz de alterar 0,01 de absorbância por grama de polpa fresca por minuto ($\text{UA.g}^{-1}.\text{min}^{-1}$).

O treinamento da equipe de julgadores que atuaram na avaliação sensorial de pêssegos minimamente processados constou da utilização inicial de testes discriminativos (triangular e duo-trio) e após de teste descritivo (avaliação de atributos), com a duração total de três semanas, iniciando com 18 julgadores e concluindo com 15; o término do período de treinamento foi determinado em função da reprodutibilidade dos resultados apresentados. Foi utilizado um método descritivo através do teste de Avaliação de Atributos (ABNT, 1993; FARIA *et al.*, 2000), em que os julgadores avaliaram as características de cor, doçura, acidez e consistência, utilizando escala não estruturada de 9cm, cujo extremo esquerdo corresponde à menor intensidade e o direito, à maior intensidade (Apêndice B). A avaliação foi realizada em sala especialmente preparada em relação às condições de iluminação, ausência de odores e ruídos. Foram utilizadas porções com aproximadamente três

fatias (15g) de pêssgo minimamente processado de cada tratamento por julgador, servidas em pratos de louça brancos codificados com números de três dígitos aleatórios. Com o objetivo de minimizar possíveis interferências de avaliação na percepção por parte dos julgadores, foi fornecido água e biscoitos *cream-craker*, a fim de aumentar a reprodução dos resultados.

Os resultados foram analisados por ANOVA e de comparação das médias através do teste de Tukey ($p \leq 0,05$). O programa estatístico utilizado foi o *Statistical Analysis System for Windows V8*.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Avaliações Físico-Químicas

Ao monitorarem-se os valores de pH (Fig. 1a), acidez total titulável (Fig. 1b), assim como os teores de sólidos solúveis totais (Fig. 1c) durante o armazenamento, verificou-se que os valores observados são coerentes com pêssgos da cultivar Esmeralda, ou seja, pH entre 2,31 e 3,49; ATT de 0,86 a 1,13 % de ácido cítrico e SST de 8,0 a 11,0°Brix. Esses valores são comumente observados em cultivares de pêssgos de ciclo precoce e médio (TORALLES *et al.*, 2004; SAINZ, 2006).

Quanto ao pH, em geral os valores decaíram ao longo do período de armazenamento, com os tratamentos Cis+AA+CC e Cis+CC obtendo valores significativamente menores que os demais, provavelmente devido à dissociação da L-cisteína, tendo em vista seu valor da constante de dissociação (pK_a) ser de 1,96. Na presença do ácido ascórbico (tratamento AA+CC) não deve ter ocorrido a dissociação, em virtude de seu valor de pK_a ser superior (4,17) aos valores de pH do tratamento controle, entre 3,49 e 2,75.

Os valores de firmeza (Fig. 1d) apresentados pelos tratamentos diferiram a partir do segundo dia, sendo que o tratamento controle produziu resultados inferiores àqueles contendo cloreto de cálcio; no quarto dia o tratamento AA+CC foi igual ao tratamento Cis+CC e superior aos demais, enquanto que no último dia ele foi igual ao controle e superior aos tratamentos contendo cisteína. Ao longo do armazenamento os valores dos tratamentos controle e AA+CC não diferiram significativamente, os do tratamento Cis+CC no último dia foram inferiores aos dos

três primeiros e o tratamento Cis+AA+CC apresentou menores valores a partir do quarto dia.

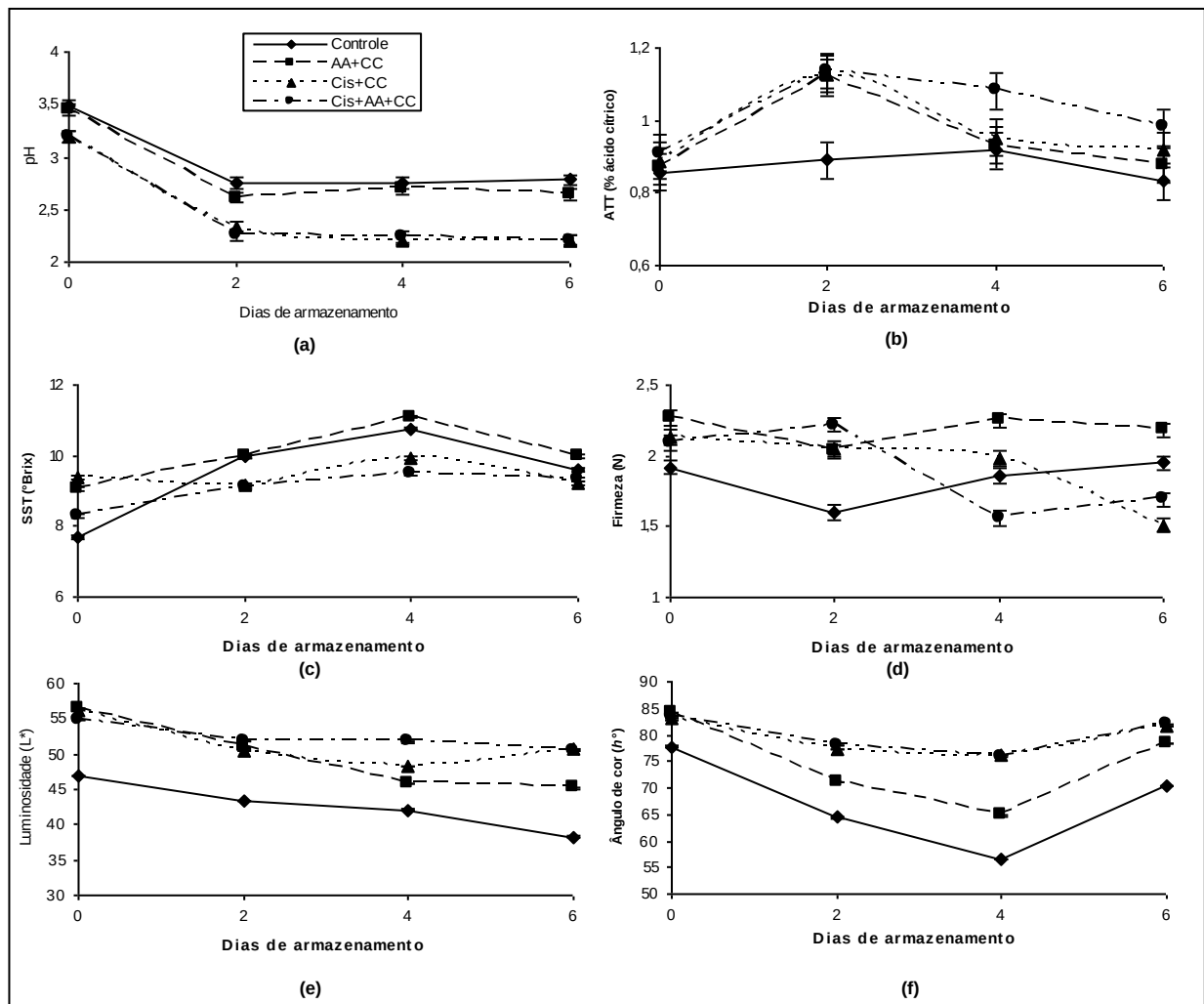


Figura 1: Caracterização físico-química (pH, ATT, SST, Firmeza, Luminosidade e Ângulo de cor) de pêssgo, cv. Esmeralda, minimamente processado submetido a diferentes tratamentos, armazenado a 4°C e 85±3% UR.

A diminuição de firmeza apresentada no último dia pelo tratamento Cis+CC e no penúltimo pelo tratamento Cis+AA+CC, pode ser consequência do processamento mínimo e do processo de senescência, visto que esse tipo de processamento aumenta a perecibilidade do produto, pelo aumento da atividade metabólica e pela descompartimentação de enzimas e substratos, que não puderam ser evitadas eficazmente, ainda que pela utilização do cloreto de cálcio. Essa

alteração na qualidade sensorial durante o armazenamento provavelmente está relacionada à despolimerização das substâncias pécticas da parede celular, visto que a cultivar Esmeralda, em estudo realizado por Sainz (2006), apresentou os maiores valores de atividade das enzimas pectinametilesterase e poligalacturonase entre oito cultivares.

Esses resultados assemelham-se àqueles de Gorny *et al.* (1999), os quais verificaram que a combinação de ácido ascórbico 2% (m/v) + lactato de cálcio 1% (m/v) evitou a redução de firmeza em fatias de pêsego, cv. "Carnival", nos primeiros seis dias de armazenagem a 0°C, ainda que o uso de tais tratamentos químicos tenha transmitido sabores estranhos. Soliva-Fortuny *et al.* (2006) também observaram que fatias de maçã tratadas em solução de ácido ascórbico e cloreto de cálcio, armazenadas sob 100% N₂, apesar de terem preservada a cor original, tornaram-se macias. No entanto, Miguel *et al.* (2007), verificaram que a aplicação de cloreto de cálcio em melancias minimamente processadas foi eficiente em manter a textura durante o período de armazenamento (seis dias). Isso indica que os benefícios da aplicação de cálcio são dependentes do material em estudo. Por exemplo, em melancia foi eficiente (MIGUEL *et al.*, 2007), mas em maçã não (SOLIVA-FORTUNY *et al.*, 2006).

No que concerne à cor, observou-se que, em geral, houve redução no valor L^* dos frutos (Fig. 1e), independente do tratamento, indicando o gradativo escurecimento ao longo do armazenamento. Os menores valores de L^* foram observados no tratamento controle, o que corrobora com o fato de serem frutos com tendência ao escurecimento. As grandes mudanças observadas na coloração do tecido de frutos expostos ao corte podem ser explicadas, em primeiro lugar, por uma maior descompartimentação das enzimas polifenoloxidase e peroxidase e seus substratos, e, em segundo lugar, por uma elevada produção de etileno a induzir um aumento na atividade da fenilalaninamonialase, aumentando a síntese de compostos fenólicos, resultando assim, em aumento na suscetibilidade ao escurecimento nos tecidos expostos a essas condições adversas (RAYBAUDI-MASSILIA *et al.*, 2007). Todos os tratamentos, exceto o controle, contribuíram para prevenir o escurecimento, havendo destaque para o uso de Cis+AA+CC. Esse tratamento apresentou os maiores valores de L^* em todo o período de estudo.

Esses resultados assemelham-se aos de Moline *et al.* (1999) ao verificarem que a combinação de ácido cítrico 0,5 mol.L⁻¹ e N-acetilcisteína 0,05 mol.L⁻¹ foi

altamente eficaz na prevenção do escurecimento em bananas, assim como Melo & Vilas Boas (2006), ao concluírem que o tratamento com ácido ascórbico 1% (m/v) + cloreto de cálcio 1% (m/v) + cisteína 1,5% (m/v) foi o mais efetivo na prevenção das modificações de coloração em banana maçã. Da mesma forma, Raybaudi-Massilia *et al.* (2007) encontraram valores de L^* maiores para o tratamento com N-acetil-L-cisteína 1% (m/v) + glutathione 1% (m/v) + lactato de cálcio 1% (m/v) em comparação com o mesmo adicionado de ácido málico 2,5% (m/v) na prevenção do escurecimento em maçãs, cv. "Fuji", minimamente processadas. Rojas-Graü *et al.* (2006) encontraram resultados semelhantes ao avaliar a eficácia de diferentes substâncias para impedir o escurecimento de maçã, indicando que N-acetil-L-cisteína e glutathione são eficazes na prevenção do escurecimento.

O desempenho do tratamento AA+CC apresenta alguma semelhança com o estudado por Gorny *et al.* (1999) em pêssgo minimamente processado tratado com ácido ascórbico 2% (m/v) + lactato de cálcio 1% (m/v), pois esses autores concluíram que esse tratamento aparentemente reduziu a taxa de escurecimento das fatias do fruto durante os primeiros seis dias de armazenagem em 0°C.

Ao avaliarem-se os resultados do ângulo de cor (h°), verifica-se que as respostas aos tratamentos assemelham-se ao já detectado quanto aos valores de L^* . Mais detalhadamente, no tratamento controle, obtiveram-se os menores valores de h° . Por outro lado, os maiores valores (próximos a 90°) foram observados no tratamento Cis+AA+CC, o que representa uma coloração amarela mais intensa.

3.2 Avaliações Enzimáticas

A atividade da PPO (Fig. 2) foi significativamente reduzida pela aplicação de Cis+AA+CC, Cis+CC e AA+CC, indicando que esses compostos não apenas atuam como antioxidantes, mas também sobre a atividade dessa enzima. Tal comportamento foi mantido durante todo o período de estudo. O fato de haver ação do ácido L-ascórbico sobre a atividade enzimática já era esperado, pois Lamikanra & Watson (2006) demonstraram que a elevada concentração dessa molécula pode reduzir a disponibilidade de cofatores para essa enzima. A inclusão de L-cisteína no tratamento reduz ainda mais a atividade da PPO. Essa pode ser uma das razões do menor escurecimento em pêssgos tratados com Cis+AA+CC (Fig. 1e).

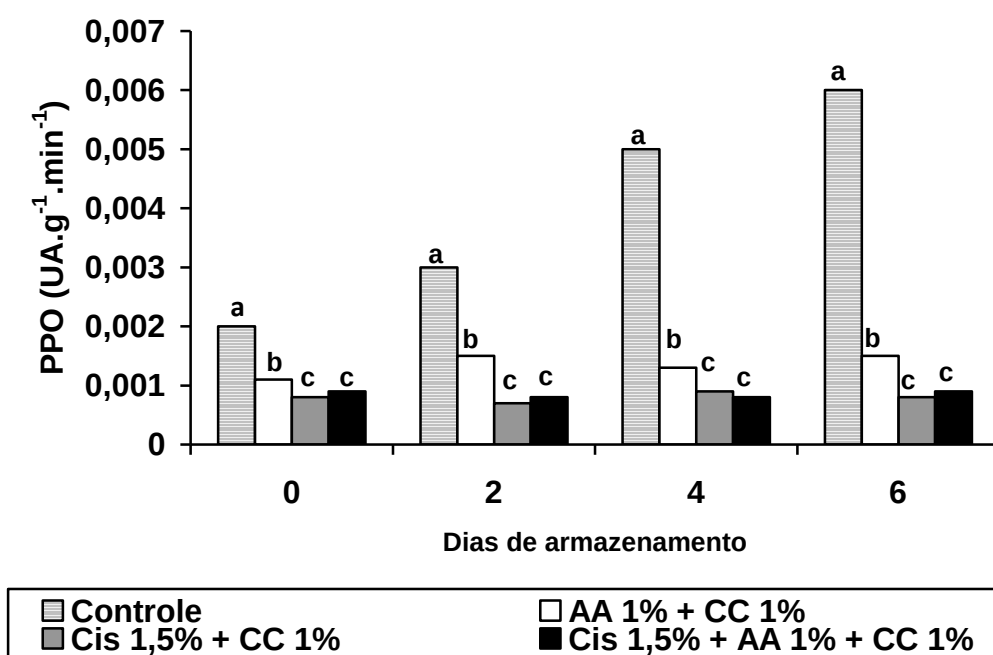


Figura 2: Valores médios da atividade da polifenoloxidase (PPO) de pêssgo, cv. Esmeralda, minimamente processado, submetido a diferentes tratamentos, armazenado a 4°C e 85±3% UR.

*Barras acompanhadas de mesma letra, dentro de cada tempo, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

No que concerne à atividade da POD (Fig. 3), houve tendência similar à observada para a PPO. A aplicação de L-cisteína, ácido L-ascórbico e cloreto de cálcio foram capazes de reduzir significativamente a atividade dessa enzima, obtendo-se a melhor resposta com a combinação das três moléculas.

A contribuição da L-cisteína e do ácido L-ascórbico associados ao cloreto de cálcio, na redução das atividades da PPO e POD (Fig. 2 e 3), constituiu-se em ação fundamental para a prevenção do escurecimento, tendo em vista que foi com a combinação dessas moléculas que se manteve a coloração mais próxima à inicial (Fig. 1e), em pêssgos minimamente processados.

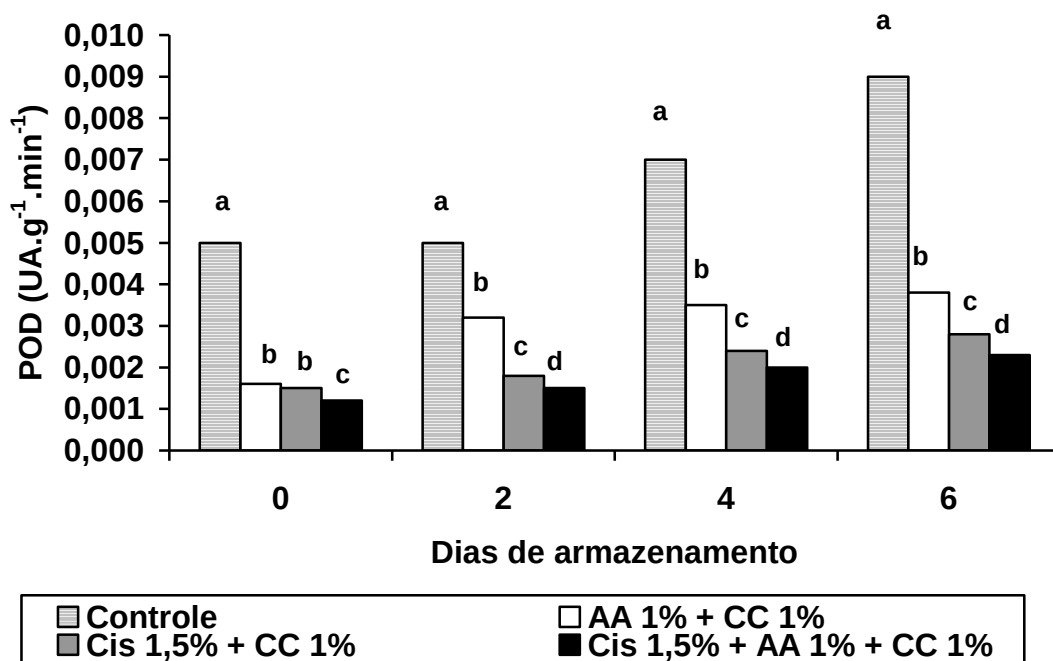


Figura 3: Valores médios da atividade da peroxidase (POD) de pêsego, cv. Esmeralda, minimamente processado, submetido a diferentes tratamentos, armazenado a 4°C e 85±3% UR.

*Barras acompanhadas de mesma letra, dentro de cada tempo, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

3.3 Avaliação Sensorial

Pela avaliação sensorial, os julgadores atribuíram maiores notas, nos dias dois, quatro e seis, no atributo cor, aos pêsegos que receberam tratamento com L-cisteína (Fig. 4). Esses resultados são coerentes com os valores de L^* e do ângulo de cor (h°) das amostras de pêsego. Raybaudi-Massilia *et al.* (2007) também verificaram que um tratamento com N-acetil-L-cisteína 1% + glutatona 1% + lactato de cálcio 1% produziu notas superiores do atributo cor em comparação ao controle em maçãs, cv. "Fuji", minimamente processadas.

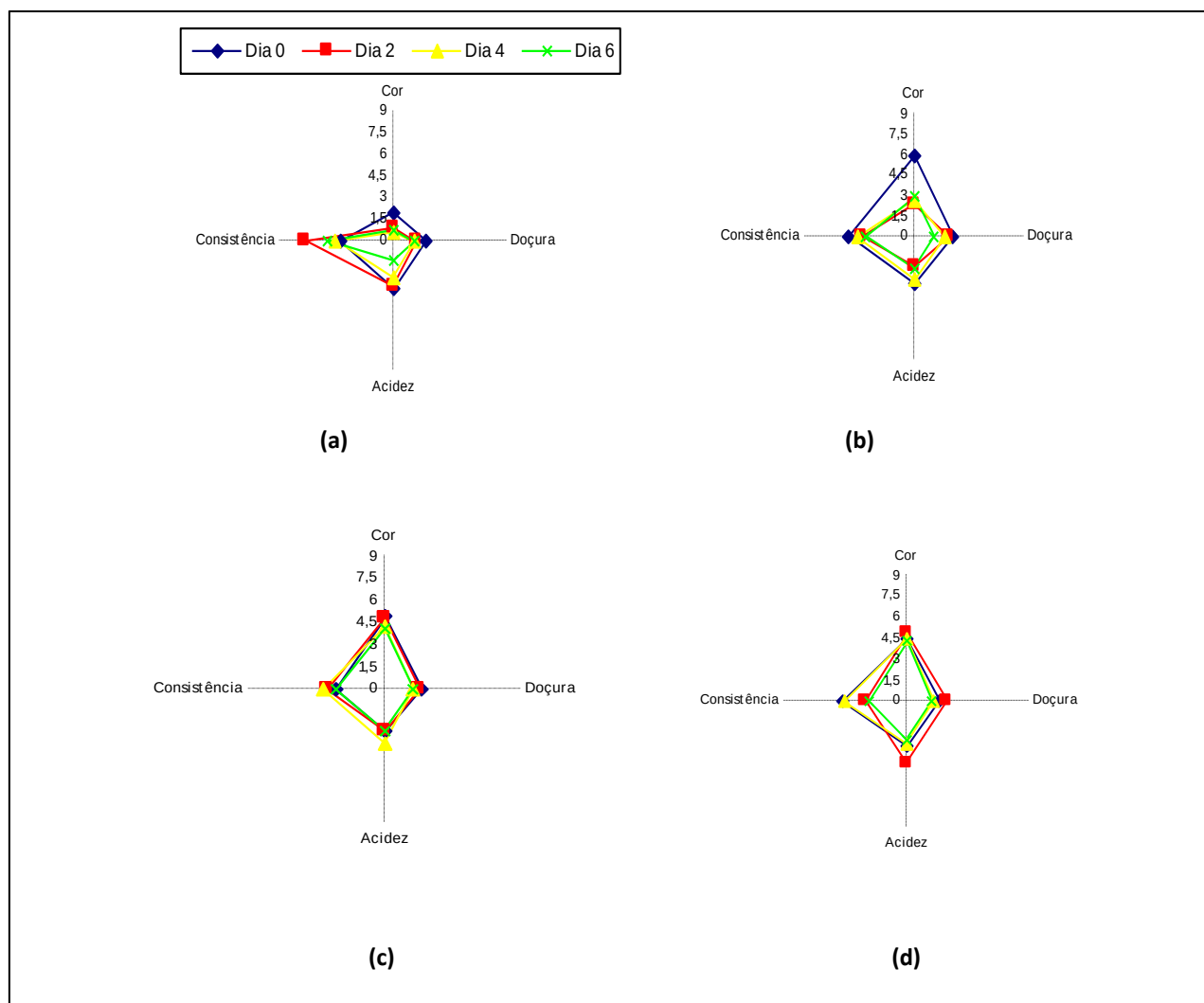


Figura 4: Representação gráfica do teste de avaliação de atributos nos tratamentos controle (a), ácido L-ascórbico 1% + cloreto de cálcio 1% (b), cloridrato de L-cisteína 1,5% + cloreto de cálcio 1% (c) e cloridrato de L-cisteína 1,5% + ácido L-ascórbico 1% + cloreto de cálcio 1% (d) de pêssgo, cv. Esmeralda, minimamente processado, armazenado a 4°C e 85±3% UR.

Independentemente dos tratamentos, as notas atribuídas à doçura (entre 1,51 e 3,12) foram baixas (Apêndice A – Tab. 10). A causa provável é o relativamente baixo teor de SST desses frutos, entre 8,0 e 11,0°Brix. Em geral, há maior aceitabilidade por pêssgos com SST na faixa de 12,5 a 15,0°Brix (CRISOSTO & CRISOSTO, 2003).

À semelhança da percepção dos julgadores frente à doçura, a acidez também recebeu notas baixas (Apêndice A – Tab. 11). Os valores de ATT, entre 0,86 a 1,13 %, enquadraram essa cultivar como medianamente ácida, o que explica o resultado da análise sensorial. De modo geral, para pêssgos, uma relação

SST/ATT $\geq 15,1$ é indicadora de fruto de alta qualidade (MEREDITH *et al.*, 1989), valor esse que, em geral, é obtido por cultivares tardias, o que não é o caso da cultivar Esmeralda. Evidentemente que não basta atingir esse índice, mas que ele seja resultado de elevados valores de SST e ATT, equilibrados nessa proporção.

Os resultados obtidos pelo tratamento Cis+AA+CC nesse atributo (Fig. 4d), corroboraram o destaque feito pelos julgadores na ficha de avaliação sensorial, ao tecerem comentários espontâneos acerca de uma acidez mais pronunciada que os demais tratamentos no quarto e sexto dias, correlacionando-se parcialmente com os verificados na avaliação da acidez total titulável (ATT), ou seja, valores superiores no segundo dia, seguido de diminuição até o sexto, fato que indica a percepção de uma acidez mais acentuada por parte dos julgadores.

Ao compararem-se os resultados do atributo consistência (Apêndice A – Tab. 12) àqueles verificados na avaliação da firmeza de polpa, verificou-se que houve certa coerência, de forma mais expressiva no sexto dia, entre a percepção dos julgadores com os dados analíticos com texturômetro (Fig. 1d). Ainda que não se tenha mensurada a atividade respiratória e de enzimas hidrolíticas da parede celular, é conhecido que o cloridrato de L-cisteína, além de antioxidante, constitui-se em substrato metabólico (Gorny *et al.*, 2002). Desse modo pode-se inferir que essa molécula tenha sido a indutora de uma aceleração do metabolismo, podendo ter contribuído para estimular a respiração, a produção de etileno e a solubilização da parede celular.

Embora não tenha sido previsto no delineamento experimental o atributo odor para a avaliação sensorial, no sexto dia de armazenamento alguns julgadores fizeram comentários espontâneos acerca de alterações não características de pêssegos do tratamento Cis+CC. Isso se deve, provavelmente, à metabolização da L-cisteína, aminoácido com enxofre em sua constituição, gerando compostos voláteis sulfídricos. No entanto, isso não ocorreu no tratamento Cis+AA+CC, possivelmente pela ação do ácido ascórbico sobre a L-cisteína, protegendo-a dessa metabolização.

4 CONCLUSÃO

Através das avaliações físico-químicas, assim como da atividade enzimática da PPO, não se observaram diferenças expressivas entre o uso de L-cisteína + cloreto de cálcio e L-cisteína + ácido L-ascórbico + cloreto de cálcio; entretanto, a

partir dos resultados da atividade enzimática da POD e da avaliação sensorial, evidenciou-se que a utilização deste último tratamento permite o controle do escurecimento e a manutenção de características sensoriais aceitáveis para pêssegos cultivar Esmeralda MP, refrigerados a 4°C e 85% UR por seis dias.

CAPÍTULO 2

**RADIAÇÃO UV-C NA CONSERVAÇÃO DE PÊSSEGOS [*Prunus persica* (L.)
Batsch] MINIMAMENTE PROCESSADOS**

**UV-C RADIATION ON THE STORAGE OF FRESH-CUT PEACHES [*Prunus
persica* (L.) Batsch]**

1 INTRODUÇÃO

A demanda pelo consumo de produtos minimamente processados e alimentos *in natura* tem crescido na ordem de 2,5 a 5,0% ao ano (ROMBALDI *et al.*, 2007). Para atender essa demanda, algumas tecnologias de conservação de alimentos, especialmente empregando métodos físicos, têm sido estudadas. Uma abordagem “não-térmica” de preservação de alimentos representa uma tentativa de substituir os métodos químicos e térmicos na conservação de alimentos (MERCIER, 1997).

Vários estudos demonstram que a radiação ultravioleta do tipo C (UV-C), com comprimento de onda entre 100 e 280nm, constitui-se num método de conservação que contribui para a preservação de alimentos (BAKA, *et al.*, 1999; STEVENS, *et al.*, 2005; STEVENS, *et al.*, 2004; LÓPEZ-RUBIRA, *et al.*, 2005; GONZÁLES-AGUILAR, *et al.*, 2001, GONZÁLES-AGUILAR, *et al.*, 2004, GONZÁLES-AGUILAR, *et al.*, 2007). Além disso, a radiação ultravioleta age como um agente estressor abiótico, capaz de ativar mecanismos de defesa dos tecidos vegetais (MERCIER, 1997). Isto inclui a síntese e acúmulo de compostos antimicrobianos (fitoalexinas), modificações na parede celular, aumento na atividade de enzimas antioxidantes, assim como aumento da síntese de moléculas antioxidantes, proporcionando proteção à deterioração e inclusive melhorando o potencial funcional do alimento (BAKA, *et al.*, 1999; BARKA, 2001; GONZÁLES-AGUILAR *et al.*, 2007; CHARLES *et al.*, 2008ac; ALOTHMAN *et al.*, 2009).

Os compostos fenólicos dos frutos são relevantes em termos de qualidade, participando em atributos como aparência (pigmentação e escurecimento), sabor (adstringência) e propriedades de promoção à saúde (sequestro de radicais livres) (TOMÁS-BARBERÁN & ROBINS, 1997). A radiação UV-C, com comprimento de onda de 250 a 280nm, induz a síntese de compostos fenólicos e flavonóides nos vegetais (FROHNMEYER & STAIGER, 2003; GITZ *et al.*, 2004). Alothman *et al.* (2009) relataram que o teor de fenóis totais em goiaba e banana aumentou significativamente com o aumento do tempo de exposição (10, 20 e 30min) à radiação UV-C. Da mesma forma, Charles *et al.* (2008ac), demonstraram que a radiação UV-C induz mecanismos de defesa frente a micro-organismos em tomate, podendo contribuir para a melhoria da qualidade funcional desse fruto,

provavelmente pelo aumento da síntese de compostos fenólicos (CHARLES *et al.*, 2008b).

Existem relatos de que a radiação UV-C em tecidos vegetais pode induzir o aumento da síntese e atividade da enzima fenilalaninamoniolase (PAL) (FRIETZENHEIMER & KINDLL, 1981). Barka (2001) relatou uma ativação de enzimas envolvidas nos mecanismos de defesa, como a PAL, em tomates expostos à radiação UV-C, assim como Gonzáles-Aguilar *et al.* (2007), verificaram que mangas tratadas por UV-C tiveram aumentada a atividade de PAL até o sexto dia de armazenamento a 25°C.

González-Aguilar *et al.* (2004) concluíram que tratamentos com UV-C por 3, 5 e 10min reduziram significativamente a injúria por refrigeração após 14 e 21 dias de armazenamento a 5°C, aumentando em sete dias o prazo de validade a 20°C de pêssegos, cv. Jefferson, além de permanecerem com maior firmeza em comparação ao controle e aqueles expostos a um maior tempo de tratamento (15 e 20min). Assim, um tratamento físico, não residual, capaz de ativar a síntese de moléculas antioxidantes e retardar a senescência, pode ser um meio eficaz para aumentar a vida-de-prateleira pós-colheita e/ou melhorar as propriedades funcionais de frutos.

Baseando-se nessa hipótese testou-se o uso de radiação UV-C em pêssegos, como tratamento físico capaz de melhorar o potencial de conservação após o processamento mínimo, inclusive proporcionando aumento da síntese de compostos de interesse nutricional e funcional. O emprego de pêssegos como modelo de estudo se deve ao fato de que, além da importância regional da cultura, trata-se de um material altamente perecível, gerando dificuldades quando do processamento mínimo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Pêssegos da cultivar Esmeralda foram colhidos no estádio meio-maduro em pomar comercial de Pelotas-RS, em 25 de novembro de 2009, com 24,5N de firmeza de polpa, 10,5°Brix e acidez total titulável de 0,85% (ácido cítrico). A colheita foi conduzida de modo a terem-se frutos com uniformidade de tamanho e maturação, que foram imediatamente transportados para a unidade de processamento. A unidade experimental foi constituída de 10 pêssegos, o que

totaliza 180 frutos por tratamento (10 frutos x três repetições x seis períodos de coleta). Os tratamentos aplicados foram:

- 1) frutos sem aplicação de radiação UV-C, imediatamente pelados, fatiados e armazenados a 0–4°C (AR) (controle);
- 2) frutos tratados com UV-C e imediatamente pelados, fatiados e armazenados em AR (UV-C 0);
- 3) frutos tratados com UV-C e mantidos 24h a 23°C±3°C na obscuridade antes de serem pelados, fatiados e armazenados em AR (UV-C 24);
- 4) frutos tratados com UV-C e mantidos 48h a 23°C±3°C na obscuridade antes de serem pelados, fatiados e armazenados em AR (UV-C 48);
- 5) frutos sem aplicação de radiação UV-C, pelados, fatiados, tratados com metabissulfito de K a 1% (m/v) por 3 min e armazenados em AR (MB K).

Os tratamentos com UV-C foram realizados com o auxílio de lâmpadas germicidas fluorescentes (Phillips® 30W). Oitenta por cento da radiação emitida por essas lâmpadas situam-se na faixa de comprimento de onda entre 250 e 280nm. A intensidade da radiação emitida foi mensurada com o auxílio do equipamento RS-232 Modelo MRUR-203, Instrutherm®. Os frutos foram expostos à radiação a uma distância de 30cm, girando-se os mesmos (90°) a cada 3min, totalizando 12min por unidade experimental, a uma dose hormic de 4,9kJ/m². Concluído o tratamento com UV-C, um lote de 180 frutos foi imediatamente submetido ao processamento, incluindo pelagem em NaOH a 10% (m/v) a 90°C por 3min, seguida de duas lavagens com água a 4°C, remoção do excesso de água por centrifugação a 200g por 20seg, fatiamento, acondicionamento em bandeja de polipropileno e selagem com filme de PVC 11 µm e armazenamento a 0 - 4°C. Dois lotes adicionais, cada qual também com 180 frutos, previamente tratados com UV-C, foram mantidos a 23°C±3°C, no escuro, e 85% de UR por 24 e por 48h anteriormente ao processamento. O tratamento com metabissulfito de K foi realizado em pêssegos não tratados com UV-C, por imersão das fatias em solução a 1% (m/v) por 3min, em presença de 11% de sorbitol, para evitar a lixiviação excessiva de solutos. Como tratamento controle, utilizou-se frutos não tratados com UV-C, processados e armazenados em AR.

As avaliações foram realizadas nas unidades experimentais imediatamente após o processamento e a cada 24h por seis dias. As variáveis dependentes analisadas foram a expressão transcricional de genes codificadores por enzimas da

síntese de compostos fenólicos e do ácido ascórbico, da solubilização da parede celular, de enzimas oxidativas e de resposta a estresses abióticos, assim como as alterações de coloração (L^* e ângulo h°) e firmeza de polpa, no teor de compostos fenólicos e de ácido ascórbico, e da atividade antioxidante.

2.1 Coloração e Firmeza

Para a determinação da cor foi utilizado colorímetro "Minolta", modelo CR-300, com leituras das coordenadas L^* , a^* e b^* , com os resultados expressos em Luminosidade (L^*) e ângulo de cor (h°), calculado pela fórmula $h = \tan^{-1} (b^*/a^*)$. A avaliação de firmeza foi realizada por determinação da resistência à penetração usando texturômetro *Texture Analyser*[®], modelo TA. XT. PLUS (*Stable Micro Systems Ltd.*, Surrey, Inglaterra) usando célula de carga de 5kg. O diâmetro da ponta de teste utilizada foi de 2mm, com as velocidades de pré-teste, teste e pós-teste de 2mm.s^{-1} , 2mm.s^{-1} e 10mm.s^{-1} , respectivamente, e distância de penetração de 20mm. A resistência da penetração foi medida como a força necessária para a sonda cilíndrica penetrar a superfície externa da fatia de pêssego de aproximadamente 2cm de altura. Os resultados foram expressos em Newton (N).

2.2 Teor de ácido ascórbico

Para determinação do teor de ácido ascórbico fez-se o uso do método descrito por Vinci *et al.* (1995), com modificações. Cinco gramas de amostra foram homogeneizados em 30mL de solução de ácido metafosfórico 4,5% (m/v) em água ultra pura, deixando-se a mistura em repouso (1h) em frasco protegido da luz. Em seguida, transferiu-se esse volume para um balão de 50mL, completando-se o volume com água ultra pura. Posteriormente, a amostra foi filtrada em papel filtro Watmam 3mm. O filtrado foi centrifugado a 10.000g por 10 minutos, e o sobrenadante foi usado para a análise de ácido ascórbico em cromatógrafo líquido de alta eficiência (HPLC). A análise cromatográfica consistiu no sistema HPLC – Shimadzu, equipado com injetor automático e detector UV (254 nm). A separação foi

desenvolvida em coluna analítica de fase reversa Shim-Pak CLC-ODS (3,9cm x 150mm x 4mm), tendo como fase estacionária grupamentos octadecil. A diluição foi efetuada utilizando um sistema de gradiente, com vazão de $0,8\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$, desenvolvido com 100% de solução aquosa de ácido acético 0,1% (m/v), alterando linearmente em 5 minutos para 98% (m/v) de solução de ácido acético 0,1% (m/v) e 2% (m/v) de metanol, mantendo-se esta proporção até 7 minutos e retomando a proporção inicial em 10 minutos. A identificação do ácido ascórbico foi feita por comparação dos tempos de retenção, obtido com padrão de ácido L-ascórbico analisado nas mesmas condições. O índice de recuperação do método foi de 93%. A quantificação foi feita por padronização externa e os resultados expressos em mg de ácido ascórbico por 100 gramas de massa fresca (mg ác. ascórbico/100g).

2.3 Extração e determinação de compostos fenólicos totais

O procedimento de extração de compostos fenólicos totais foi baseado em Souza *et al.* (2008) com algumas modificações. Dez gramas de frutos, congelados a -80°C , foram triturados sob nitrogênio líquido com gral e pistilo, e submetidos à extração com 20mL de solvente (acetona) em agitador orbital a 200 rpm por 1 hora à temperatura ambiente ($20 \pm 3^{\circ}\text{C}$). Os extratos foram centrifugados a $12.000g$ por 10 minutos a 4°C e os sobrenadantes foram coletados e concentrados, para remoção do solvente, em rota evaporador a 40°C (por aproximadamente 10 minutos) sob pressão reduzida. Água ultra pura foi adicionada para a recuperação dos extratos resultantes, que tiveram seu volume ajustado para 10mL e foram armazenados a -80°C até o momento das análises. Todas as operações foram realizadas no escuro. O teor de fenóis totais foi determinado utilizando o método descrito por Dewanto *et al.* (2002). 125 μL de cada extrato foram adicionados de 0,5mL de água ultra pura e 125 μL do reagente de Folin Ciocalteau 2N. A mistura foi mantida em repouso por 6 minutos e, após, adicionaram-se 1,25mL de carbonato de sódio 7% (m/v), ajustando-se o volume da reação para 3mL com água ultra pura. Como tratamento controle foi utilizada água ultra pura em substituição aos extratos. Manteve-se a mistura em repouso por 90 minutos à temperatura ambiente ($20 \pm 3^{\circ}\text{C}$), na ausência de luz, fazendo a leitura da absorbância a 760nm em espectrofotômetro Ultrospec 2000 (Pharmacia Biotech®). Ácido gálico foi utilizado como padrão para construir a curva

de calibração nas concentrações de 0, 20, 50, 100, 200, 300, 350 e 450µg/mL, obtendo-se uma equação da reta expressa por $y=0,0056x$, com $R^2=0,9988$. O teor de fenóis totais dos extratos foi expresso em mg de ácido gálico por g de fruto (mg GAE/g).

2.4 Atividade antioxidante pelo sequestro de radicais DPPH

A atividade antioxidante pelo sequestro do radical DPPH foi realizada de acordo com método de Brand-Williams *et al.* (1995), com algumas modificações. 10µL de cada amostra foi adicionada a 3,990mL de solução de DPPH em metanol (100mM), as quais foram agitadas e deixadas ao abrigo da luz e oxigênio. Como tratamento controle foi utilizado metanol em substituição aos extratos. As absorbâncias foram mensuradas a 517nm aos 60 minutos de reação. A capacidade de sequestrar o radical foi expressa como percentual de inibição, calculada de acordo com a equação:

$$\% \text{ Inibição} = \frac{(\text{Abs. Controle} - \text{Abs. Amostra})}{\text{Abs. Controle}} \times 100$$

Abs. Controle

2.5 Atividade da Fenilalaninamonialase (PAL)

A atividade da PAL foi determinada exatamente de acordo com os procedimentos descritos por Assis *et al.* (2001), a partir da produção de cinamato, após 60min a 27°C, sob agitação contínua, medida pela variação da absorbância a 290nm. A atividade da enzima foi determinada em mmol de ácido cinâmico.h⁻¹.g⁻¹ de polpa. As análises foram realizadas em triplicata, para cada repetição biológica, sendo os resultados expressos em nmol de ácido cinâmico.kg⁻¹.h⁻¹.

2.6 Quantitative Real-Time PCR (q-PCR)

O RNA foi extraído da polpa de pêssegos de acordo com o protocolo descrito pelo reagente *PureLink[®]* (*Plant RNA Reagent – Invitrogen[®]*). O RNA total foi digerido com DNase I – Invitrogen[®] e cada amostra foi inversamente transcrita em cDNAs usando o kit comercial *SuperScript First-Strand System for RT-PCR* (*Invitrogen[®]*). A identificação e a quantificação dos RNAs foram realizadas por eletroforese em gel de agarose (2% m/v) sob luz UV.

Genes de pêssego, tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) e arabidopsis [*Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh] supostamente codificados para proteínas envolvidas no metabolismo de resposta ao etileno (*ERF12* e *ACCO*), da parede celular (PG e PME) e na síntese (PAL) e oxidação (PPO) de compostos fenólicos, foram selecionados com base em trabalhos anteriores, que revelaram uma associação entre essas funções metabólicas e alterações em pêssegos (González-Agüero *et al.*, 2008; Trainotti *et al.*, 2003 e 2006; Pegoraro *et al.*, 2010). Iniciadores de genes específicos foram projetados a partir de sequências depositadas em GeneBank usando *Vector NTI Advance[®] 10*. Os critérios utilizados para a seleção dos iniciadores consistiram em: tamanho *amplicon*, entre 100 e 150 bp; conteúdo CG, entre 40 e 60%; menos de duas bases C e G, nos últimos cinco nucleotídeos, ao fim de 3min; e temperatura de fusão variando de 60 a 65°C; de acordo com recomendações de *Applied Biosystems[®]*. Os tamanhos dos produtos de amplificação e suas especificidades foram testados em géis de agarose (2% m/v) antes de q-PCR. Curvas de fusão foram avaliadas e apenas utilizados os iniciadores que produziram picos únicos. Os iniciadores utilizados no presente trabalho estão listados na tabela 1. O q-PCR foi realizado com *7500 Real-Time PCR System* (*Applied Biosystems[®]*) usando *SYBR[®] Green*. A reação de amplificação foi realizada em um volume total de 25µL, contendo 2µM de cada iniciador, 12,5µL de PCR Master Mix *SYBR[®] Green*, 1µL de cDNA (diluído 20 vezes) e água até completar o volume final. As amostras foram carregadas em 96 placas de fibra óptica (*Applied Biosystems[®]*) e cobertas com adesivos ópticos (*Applied Biosystems[®]*). As condições do ciclo térmico foram as seguintes: desnaturação a 50°C por 2min e 95°C por 10min, seguido por 40 ciclos de três etapas (95°C.0,5min⁻¹, 57°C.1min⁻¹ e 72°C.1min⁻¹) e extensão final em 72°C.5min⁻¹. A quantificação relativa de cada expressão de gene foi realizada usando o método de ciclo limiar comparativo, como

descrito por Livak e Schmittgen (2001). Para cada cDNA, o 18S foi usado como um gene de referência para quantificar a abundância de cDNA (na mesma diluição, como mencionado acima). O Ciclo de limiar (CL) foi calculado com base na reação de PCR exponencial, obtida pela fórmula de nível de expressão relativa (NER), $NER=2^{-\Delta\Delta CT}$. Os resultados foram expressos em abundância de mRNA, em um diagrama de cor usando o software *Multi Experiment Viewer* (TIGR MeV) (Saeed et al., 2003). A abundância de mRNA de cada gene de fruto *T1CS*, no dia zero, serviu como base para determinar os níveis relativos de RNA.

3 RESULTADOS

Ao avaliarem-se as variações de coloração dos pêssegos MPR, verificou-se que os maiores valores de L^* foram observados no tratamento MB K. A aplicação de UV-C, seguida de espera por 24 à 48h, foi benéfica para a preservação da coloração até o 3º dia de avaliação. A partir daí, houve escurecimento (Fig. 5a). Esse comportamento foi confirmado pelo monitoramento dos valores do ângulo *hue* (h°) (Fig. 5b), que seguiram a mesma tendência. Desse modo, percebe-se que a aplicação de UV-C contribui para a preservação da coloração, desde que se armazenem os frutos por, no mínimo, 24h antes do processamento. Mas, esse procedimento resultou em redução da firmeza de polpa, de 24N para aproximadamente 15 a 16N (Fig. 5c). No entanto houve uma estabilização a partir daí, equalizando-se os tratamentos a partir do 1º dia de armazenamento após o processamento. Isso indica que a aplicação de UV-C ou de MB K não atuou na preservação da firmeza de polpa de pêssegos MPR.

O teor de ácido ascórbico, embora baixo (entre 0,7 e 4,0), foi afetado pelo tratamento UV-C (Fig. 5d), especialmente quando os frutos foram mantidos 48h na obscuridade antes do processamento. Nesse caso, se observaram os maiores teores no 2º dia de avaliação, seguidos de redução, fato que ocorreu em todos os tratamentos.

O teor de compostos fenólicos totais (CFT) foi significativamente afetado pelo tratamento UV-C, e a resposta acentuou-se com o aumento do período de armazenamento antes do processamento, fazendo com que os frutos tratados com

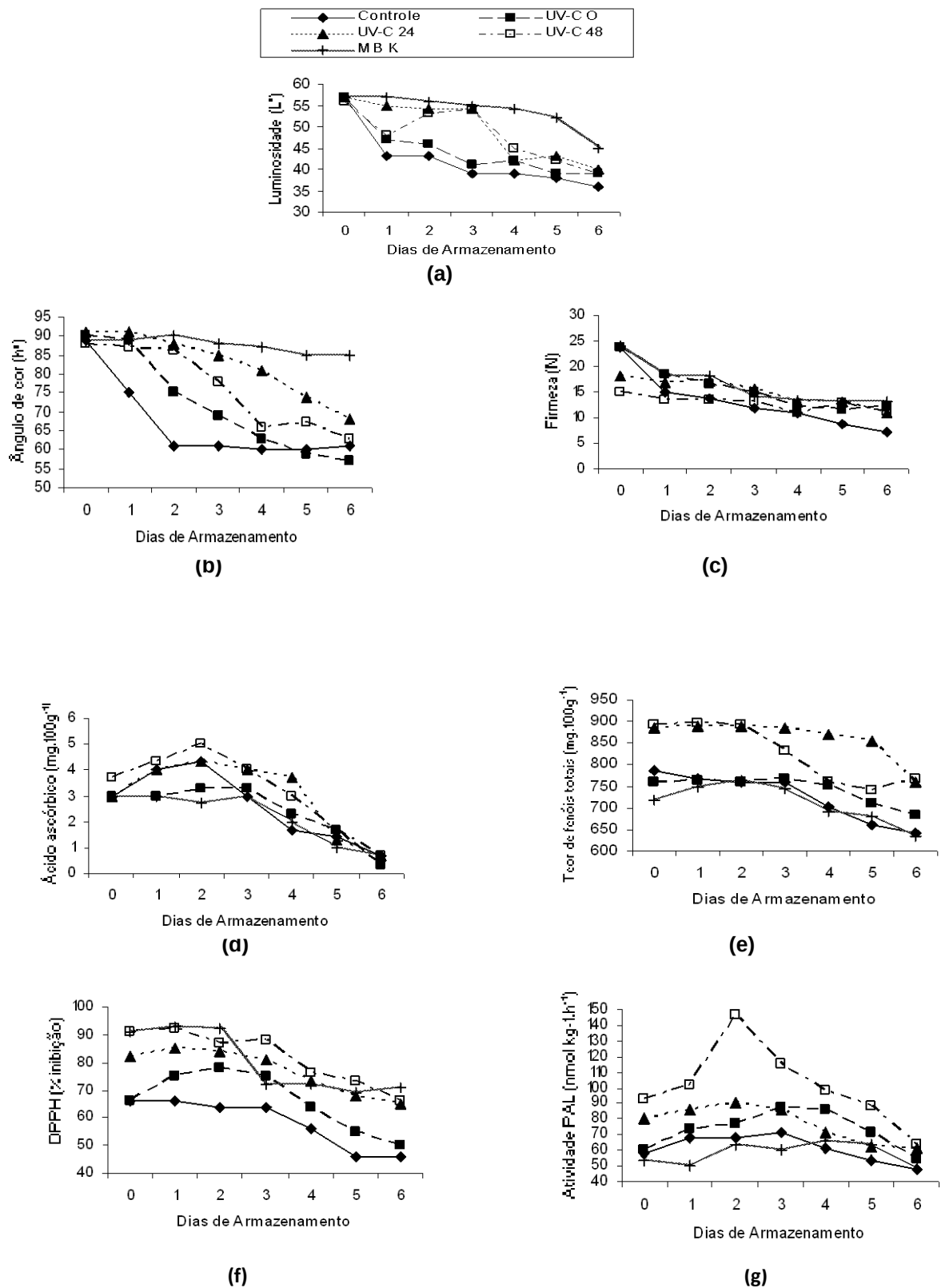


Figura 5: Valores de Luminosidade (a), Ângulo de cor (b), Firmeza (c), Teor de ácido ascórbico (d), Teor de fenóis totais (e), Atividade antioxidante por DPPH (f) e Atividade PAL (g) em pêssegos, cv. Esmeralda, tratados com UV-C e metabissulfito de K, armazenados a 4°C.

essa radiação e mantidos 48h em temperatura ambiente na obscuridade, apresentassem, em média, 14% a mais do teor de CFT do que os frutos do tratamento controle (Fig. 5e).

A atividade antioxidante, mensurada pelo método do DPPH, apresentou maiores valores nos tratamentos MB K e com a aplicação de UV-C (Fig. 5f), para frutos armazenados com 24 e 48h antes do processamento, indicando que essa radiação é indutora da síntese ou da preservação de moléculas redutoras. Os elevados valores de atividade antioxidante no tratamento MB K podem ser atribuídos ao nível residual dessa molécula no produto, interferindo na reação de oxi-redução com o DPPH.

Assim como houve maior concentração de CFT (Fig. 5e) nos frutos tratados com UV-C e armazenados 24 ou 48h em temperatura ambiente, também se detectou maior atividade da fenilalaninamoníase (PAL) nesses frutos (Fig. 5g). Além disso, na medida em que se prolongou de 24 para 48h o período pós-tratamento com UV-C antes do processamento, maior foi o incremento da PAL (Fig. 5g) e maiores foram os teores de CFT (Fig. 5e), o que pode ter contribuído para uma maior atividade antioxidante (Fig. 5f).

4 DISCUSSÃO

As alterações mais facilmente perceptíveis em pêssegos MPR são o escurecimento e o amolecimento (GORNÝ *et al.*, 1999; GIRNER *et al.*, 2002). A aplicação de radiação UV-C nos frutos, conhecida pela ação germicida (CHARLES *et al.* 2008ac), contribuiu para aumentar o potencial de conservação de pêssegos, cv. Esmeralda. Entretanto, para que isso ocorra, é necessário que o tratamento UV-C seja realizado nos frutos, no mínimo, 24h antes do processamento. Mais detalhadamente, os pêssegos tratados com UV-C e armazenados 24 à 48h em temperatura ambiente à obscuridade, apresentaram melhor preservação da coloração característica do fruto (Fig. 5a e 5b), maior teor de ácido ascórbico (Fig. 5d) e maior teor de CFT (Fig. 5e), enquanto àqueles armazenados 48h nas mesmas condições apresentaram maior atividade de PAL (Fig. 5g).

Tabela 1: Iniciadores específicos utilizados na análise *Quantitative Real-Time PCR*.

Genes	
Metabolismo da Parede Celular	
Poligalacturonase	PG
Pectinametilesterase	PME
Síntese de Etileno	
Fator de transcrição induzido p/ etileno	ERF12
Ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico oxidase	ACCO
Síntese e Oxidação de Compostos Fenólicos	
Fenilalaninamonialase	PAL
Polifenoloxidase	PPO

O fato da radiação UV-C ter estimulado a atividade de PAL explica o aumento do teor de CFT nesses frutos, por se tratar de enzima-chave nessa via de biossíntese (BARKA, 2001; GITZ *et al.*, 2004; GONZÁLES-AGUILAR, *et al.*, 2007). Entretanto, é conhecido que frutos com maior teor de CFT são mais sensíveis ao escurecimento, tendo em vista que essas moléculas são substrato da PPO (MATEOS *et al.*, 1993). Em pêssegos cv. Esmeralda isso não ocorreu, ao contrário, os pêssegos tratados com UV-C e armazenados 24 ou 48h antes do processamento escureceram menos (Fig. 5a e 5b). Uma das explicações desse comportamento pode ser atribuída ao aumento do teor de ácido ascórbico (Fig. 5d), conhecido como potente antioxidante (SAPERS *et al.*, 1993) e regulador da homeostase celular (BARSAN *et al.*, 2010).

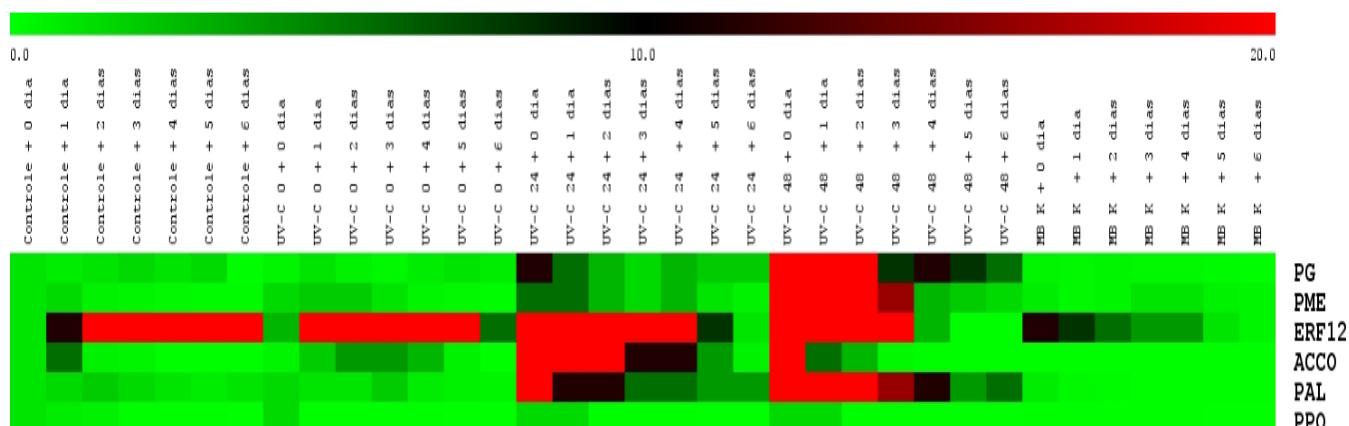


Figura 6: Abundância relativa do mRNA em pêssegos, cv Esmeralda, sem aplicação de UV-C e imediatamente processados (Controle), tratados com UV-C e imediatamente processados (UV-C 0), tratados com UV-C e mantidos 24 e 48h a $23^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ antes de processados (UV-C 24 e UV-C 48) e sem aplicação de UV-C, processados e tratados com metabissulfito de K (MB K), armazenados a $0-4^{\circ}\text{C}$ (AR) por 6 dias.

Os mecanismos moleculares pelos quais a radiação UV-C age desencadeando os mecanismos de defesa restam a ser elucidados, mas é conhecido que podem estimular a síntese de compostos fenólicos (CHARLES *et al.*, 2008b; GONZÁLES-AGUILAR *et al.*, 2007). Neste trabalho, buscou-se monitorar o acúmulo de transcritos de alguns genes (Fig. 6), abordando os metabolismos do etileno, de síntese e oxidação de compostos fenólicos e da parede celular. Dessa avaliação ficou evidente que a radiação UV-C age induzindo o *ERF12*, conhecido como fator de transcrição rapidamente induzido por etileno (EL-SHARKAWY, *et al.*, 2007), e gene da ACC oxidase, codificados pela enzima que catalisa a oxidação do ACC em etileno (PEGORARO, *et al.*, 2010). Desse modo, uma das vias metabólicas potencialmente afetadas por esse estímulo abiótico é a síntese do etileno. Essa resposta molecular não é surpreendente, tendo em vista que os genes da ACC oxidase são fortemente induzidos por estresses abióticos e bióticos (PEGORARO, *et al.*, 2010). Além disso, verificou-se que a radiação UV-C age induzindo o acúmulo de transcritos de genes da PAL, o que é coerente com o aumento da atividade enzimática (Fig. 5g) e do acúmulo de CFT (Fig. 5e). No entanto, como mencionado anteriormente, era esperado que o maior acúmulo desses compostos favorecesse o escurecimento, ainda mais que, paralelamente, houve maior acúmulo de transcritos da PPO, bem como, maior atividade enzimática. Entretanto, isso não ocorreu,

indicando que não basta haver aumento da síntese do substrato (CFT) e da enzima (PPO) para que haja escurecimento. Nesses pêssegos, é possível que o aumento da concentração de ácido ascórbico (Fig. 5d) e de outras moléculas inibidoras dessa reação, como é o caso de aminas bioativas (não avaliadas neste estudo), possam ter contribuído para a prevenção do escurecimento.

Em todos os tratamentos houve redução da firmeza de polpa, independentemente da variação de aumento de transcritos dos principais genes envolvidos no amolecimento de pêssegos, poligalacturonase (PG), pectinametilesterase (PME) e pectatoliase (PL), indicando não haver correlação entre as variações de transcritos com as variações de firmeza de polpa. Vários trabalhos (TRAINOTTI *et al.*, 2003; GIRARDI *et al.*, 2005; GONZÁLEZ-AGÜERO *et al.*, 2008; PEGORARO *et al.*, 2010) demonstraram que durante o amolecimento de pêssegos são detectados acréscimo de transcritos e da atividade dessas enzimas, porém não são os únicos responsáveis por essa alteração. Essa afirmativa é feita com base no fato de que há redução da firmeza de polpa antes que o acúmulo de PME e PG ocorra (TRAINOTTI *et al.*, 2003).

Em conclusão, este trabalho traz sua contribuição tecnológica demonstrando que a aplicação de um tratamento físico (radiação UV-C) antes do processamento de pêssegos, contribui para a melhoria do potencial de conservação, assim como das propriedades funcionais, mas para que isso ocorra é necessário aguardar-se de 24 à 48h antes do processamento.

Do ponto de vista científico, demonstra-se que a radiação UV-C ativa genes envolvidos com a síntese de etileno e fator de transcrição (*ERF12*) induzido por esse hormônio. Também há maior indução de transcrição de genes correspondentes à PAL e à PPO, e das respectivas respostas fisiológicas (acúmulo de CFT) e atividade da PPO, sem prejuízos para a coloração. O aumento do teor de ácido ascórbico em frutos tratados com UV-C pode ser a causa desse comportamento.

3 CONCLUSÕES

Ao avaliar-se o potencial de moléculas antioxidantes no controle da atividade das enzimas PPO e POD e a contribuição do cálcio na preservação da firmeza de polpa, as avaliações físico-químicas e da atividade da PPO não indicaram grandes diferenças entre o uso de L-cisteína + cloreto de cálcio (Cis+CC) e L-cisteína + ácido L-ascórbico + cloreto de cálcio (Cis+AA+CC); entretanto, a partir dos resultados da atividade enzimática da POD e da avaliação sensorial, evidenciou-se que a utilização deste último tratamento permite o controle do escurecimento e a manutenção de características sensoriais aceitáveis para pêssegos cultivar Esmeralda MP, refrigerados a 4°C e 85% UR por seis dias.

Com o estudo da utilização da radiação UV-C em pêssegos, como tratamento físico capaz de melhorar seu potencial de conservação após o processamento mínimo, assim como proporcionar um aumento da síntese de compostos de interesse nutricional e funcional, concluiu-se que a mesma provocou uma significativa melhora no potencial de conservação dos pêssegos, sendo, entretanto, necessário aguardar-se de 24 à 48h antes do processamento. Com esse procedimento houve estímulo à transcrição de genes do metabolismo do etileno, da parede celular e da síntese e oxidação de compostos fenólicos totais (CFT). Mesmo assim, houve menor escurecimento dos frutos tratados com UV-C, indicando que essa alteração não é apenas dependente da concentração de CFT e da atividade da PPO.

4 REFERÊNCIAS

- ALOTHMAN, M.; BHAT, R.; KARIM, A. A. UV radiation-induced changes of antioxidant capacity of fresh-cut tropical fruits. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 10, n. 4, p. 512-516, October 2009.
- ANTONIOLLI, L. R.; BENEDETTI, B. C.; SIGRIST, J. M. M.; SILVEIRA, N. F. A. Avaliação da qualidade do abacaxi Pérola minimamente processado, armazenado sob atmosfera controlada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 3, 2007.
- ARRUDA, M. C.; JACOMINO, A. P.; SPOTO, M. H. F.; GALLO, C. R.; MORETTI, C. L. Conservação de melão rendilhado minimamente processado sob atmosfera modificada ativa. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 1, 2004.
- ARRUDA, M. C.; JACOMINO, Â. P.; SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; MORETTI, C. L. Qualidade de melão minimamente processado armazenado em atmosfera modificada passiva. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 4, out.-dez., 2003.
- ARTÉS, F.; CASTAÑER, M.; GIL, M. I. Review: Enzymatic browning in minimally processed fruit and vegetables. **Food Science and Technology International**, v. 4, n. 6, p. 377-389. 1998.
- ASSIS, J. S.; MALDONADO, R.; MUÑOZ, T.; ESCRIBANO, M. I.; MERODIO, C. Effect of high carbon dioxide concentration on PAL activity and phenolic contents in ripening cherimoya fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 23, n.1, p.33-39, September 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Métodos de análise sensorial dos alimentos e bebidas. NBR 12994. Rio de Janeiro, 1993.
- BAKA, M.; MERCIER, J.; CORCUFF, R.; CASTAIGNE, F.; ARUL, J. Photochemical Treatment to Improve Storability of Fresh Strawberries. **Journal of Food Science**, v. 64, n. 6, p. 1068-1072, November 1999.
- BANCO DE DADOS ZONA SUL – RS. **BOLETIM INFORMATIVO Nº 20, UCPEL – ITEPA – EDUCAT**, Pelotas, RS. 2009.
- BARKA, E. A. Protective enzymes against oxygen species during ripening of tomato (*Lycopersicon esculentum*) fruits in response to low amounts of UV-C. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 28, p. 785–791, 2001.
- BARSAN, C.; SANCHEZ-BEL, P.; ROMBALDI, C.; EGEA, I.; ROSSIGNOL, M.; KUNTZ, M.; ZOUINE, M.; LATCHÉ, A.; BOUZAYEN, M.; PECH, J. Characteristics of the tomato chromoplast revealed by proteomic analysis. **Journal of Experimental Botany**, Advance Access published on April 2, 2010; doi: doi:10.1093/jxb/erq070.c
- BEIRÃO-DA-COSTA, S.; CARDOSO, A.; MARTINS, L. L.; JOSÉ EMPIS, J.; MOLDÃO-MARTINS, M. The effect of calcium dips combined with mild heating of whole kiwifruit for fruit slices quality maintenance. **Food Chemistry**, v. 108, n. 1, p. 191-197, May 2008.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie**, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução – RDC nº12, de 2 de janeiro de 2001: **Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos em alimentos**.

BRECHT, J. K.; CHAU, K. V.; FONSECA, S. C.; OLIVEIRA, F. A. R.; SILVA, F. M.; NUNES, M. C. N.; BENDER, R. J. Maintaining optimal atmosphere conditions for fruits and vegetables throughout the postharvest handling chain. **Postharvest Biology and Technology**, v. 27, p. 87-101, 2003.

CANTWELL, M. **Preparation and quality of fresh-cut produce**. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2. *Palestras...* Viçosa: UFV. p. 156-182, 2000.

CHARLES, M. T.; BENHAMOU, N.; ARUL, J. Physiological basis of UV-C induced resistance to *Botrytis cinerea* in tomato fruit: III. Ultrastructural modifications and their impact on fungal colonization. **Postharvest Biology and Technology**, v. 47, n. 1, p.27- 40, January 2008a.

CHARLES, M. T.; GOULET, A.; ARUL, J. Physiological basis of UV-C-induced resistance to *Botrytis cinerea* in tomato fruit: IV. Biochemical modification of structural barriers. **Postharvest Biology and Technology**, v. 47, n. 1, p.41-53, January 2008b.

CHARLES, M. T.; MAKHLOUF, J.; ARUL, J. Physiological basis of UV-C induced resistance to *Botrytis cinerea* in tomato fruit: II. Modification of fruit surface and changes in fungal colonization. **Postharvest Biology and Technology**, v. 47, n. 1, p.21-26, January 2008c.

CRISOSTO, G. M.; CRISOSTO, C. H. Understanding consumer acceptance of peach, nectarine and plum cultivars. **Acta Horticulturae**, v. 604, p. 115-119, 2003.

DAMASCENO, K. S. F. S. C.; ALVES, M. A.; MENDONÇA, S. C.; GUERRA, N. B.; STAMFORD, T. L. M. Melão minimamente processado: um controle de qualidade. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, 2005.

DEWANTO, V.; WU, X.; ADOM, K. K.; LIU, R. H. Thermal Processing Enhances the Nutritional Value of Tomatoes by Increasing Total Antioxidant Activity, **Postharvest Biology and Technology**, v. 50, n. 10, p. 3010–3014, 2002.

DURIGAN, J. F. & CASSARO, K. P. Hortaliças minimamente processadas. **Horticultura Brasileira**, 18: p. 159-161. 2000.

EL-SHARKAWY, I.; SHERIF, S.; MILA, I.; BOUZAYEN, M.; JAYASANKAR, S. Molecular characterization of seven genes encoding ethylene-responsive transcriptional factors during plum fruit development and ripening. **Journal of Experimental Botany**, v. 60, n. 3, p. 907 – 922, 2009.

ELEZ-MARTÍNEZ, P.; SOLIVA-FORTUNY, R. C.; GORINSTEIN, S.; MARTÍN-BELLOSO, O. Natural Antioxidants Preserve the Lipid Oxidative Stability of Minimally Processed Avocado Purée. **Journal of Food Science**, v. 70, n. 5, p. 325-329, 2005.

FARIA, E.V.; MORI, E. E. M.; YOTSUYANAGI, K. **Técnicas de análise sensorial**. São Paulo: ITAL, 2000. 109p. FLURKEY, W.; JEN, J. Peroxidase and Polyphenoloxidase actives in developing peaches. **Journal of Food Science**, v.43, p. 1826-1831, 1978.

FLURKEY, W.; JEN, J. Peroxidase and Polyphenoloxidase actives in developing peaches. **Journal of Food Science**, v. 43, p. 1826-1831, 1978.

FONTES, L. C. B.; SARMENTO, S. B. S.; SPOTO, M. H. F. Características sensoriais e microbiológicas de maçãs minimamente processadas recobertas com películas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 1, 2007.

FRIETZENHEIMER, K. H. & KINDL, H. Coordinate induction by UV light of stilbene synthase, phenylalanine ammonia-lyase and cinnamate 4-hydroxylase in leaves of Vitaceae. **Planta**, 151:48–52, 1981.

FROHNMEYER, H. & STAIGER, D. Ultraviolet-B Radiation-Mediated Responses in Plants. Balancing Damage and Protection. **Plant Physiology**, 133:1420-1428, 2003.

FUNAMOTO, Y.; YAMAGUCHI, N.; SHIGYO, M. Involvement of peroxidase in chlorophyll degradation in stored broccoli (*Brassica oleracea* L.) and inhibition of the activity by heat treatment. **Postharvest Biology and Technology**, v. 28, n.1, p. 39-46, 2003.

GIL, M.; TOMAS-BARBERAN, F. A.; HESS-PIERCE, B.; KADER, A. A. Antioxidant capacities, phenolic compounds, carotenoids, and vitamin C contents of nectarine, peach and plum cultivars from California. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 17, p. 4976- 4982, 2002.

GIRARDI, C. L.; CORRENT, A. R.; LUCCHETTA, L.; ZANUZO, M. R.; COSTA, T. S.; BRACKMANN, A.; TWYMAN, R. M.; NORA, F. R.; NORA, L.; SILVA, J. A.; ROMBALDI, C. V. Effect of ethylene, intermittent warming and controlled atmosphere on postharvest quality and the occurrence of woolliness in peach (*Prunus persica* cv. Chiripá) during cold storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 38, n.1, p. 25-33, 2005.

GIRNER, J.; ORTEGA, M.; MESEGUE, M.; GIMENO, V.; BARBOSA-CANOVAS, G. V.; MARTIN, O. Inactivation of peach polyphenoloxidase by exposure to pulsed electric fields. **Journal of Food Science**. v. 67, n. 4, p. 264-267, 2002.

GITZ, D. C.; LIU-GITZ, L.; McCLURE, J. W.; HUERTA, A. J. Effects of a PAL inhibitor on phenolic accumulation and UV-B tolerance in *Spirodela intermedia* (Koch.). **Journal of Experimental Botany**, v. 55, n. 398, p. 919-927, 2004.

GÓMEZ-LÓPEZ, V. M.; RAGAERT, P.; JEYACHCHANDRAN, V.; DEBEVERE, J.; DEVLIEGHERE, F. Shelf-life of minimally processed lettuce and cabbage treated with gaseous chlorine dioxide and cysteine. **International Journal of Food Microbiology**, v. 121, n. 1, p. 74-83, January 2008.

GONZÁLEZ-AGÜERO, M.; PAVEZ, L.; IBÁÑEZ, F.; PACHECO, I.; CAMPOS-VARGAS, R.; MEISEL, L. A.; ORELLANA, A.; RETAMALES, J.; SILVA, H.; GONZÁLES, M.; CAMBIAZO, V. Identification of wooliness response genes in peach fruit after post-harvest treatments, **Journal of Experimental Botany**, v. 59, n. 8, p. 1973 – 1986, 2008.

GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A.; WANG, C. Y.; BUTA, J. G.; KRIZEK, D.T. Use of UV-C irradiation to prevent decay and maintain postharvest quality of ripe 'Tommy Atkins' Mangoes. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 36, n. 7, p. 767–773, 2001.

GONZALEZ-AGUILAR, G. A.; WANG, C. Y.; BUTA, J. G. UV-C irradiation reduces breakdown and chilling injury of peaches during cold storage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 84, n. 5, p. 415-422, 2004.

GONZALEZ-AGUILAR G. A.; ZAVALA-GATICA, R.; TIZNADO-HERNÁNDEZ, M. E. Improving postharvest quality of mango 'Haden' by UV-C treatment. **Postharvest Biology and Technology**, v. 45, n. 1, p. 108–116, 2007.

GORNY, J. R.; HESS-PIERCE, B.; CIFUENTES, R. A.; KADER, A. A. Quality changes in fresh-cut pear slices as affected by controlled atmospheres and chemical preservatives. **Postharvest Biology and Technology**, v. 24, n.3, p. 271-278, 2002.

GORNY, J. R.; HESS-PIERCE, B.; KADER, A. A. Quality Changes in Fresh-cut Peach and Nectarine Slices as Affected by Cultivar, Storage Atmosphere and Chemical Treatments. **Journal of Food Science**. v. 64, n. 3, p. 429-432, 1999.

GUERRERO, L.; COLOMEL, Y.; GUÀRDIA, J.; XICOLA, R. Consumer attitude towards store brands. **Food Quality and Preference**, v. 11, p. 387-395, 2000.

HAGEN, S. F.; BORGE, G. I. A; BENGTSSON, G. B.; BILGER, W.; BERGE, A.; HAFFNER, K.; SOLHAUG, K. A. Phenolic contents and other health and sensory related properties of apple fruit (*Malus domestica* Borkh., cv. Aroma): Effect of postharvest UV-B irradiation. **Postharvest Biology and Technology**, v. 45, n. 1, p. 1-10, July 2007.

IFPA. INTERNATIONAL FRESH-CUT PRODUCE ASSOCIATION. 2002. Disponível em:<<http://www.fresh-cuts.org>>. Acesso em 20 mar 2007.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ, **Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3ª ed. São Paulo, Instituto Adolfo Lutz, 1985. v. 1, 533p.

JACXSENS, L.; DEVLIEGHERE, F.; DEBEVERE, J. Predictive modelling for packaging design: equilibrium modified atmosphere packages of fresh-cut vegetables subjected to a simulated distribution chain. **International Journal of Food Microbiology**, v. 73, p. 331-341, 2002.

JAEGER, S. R.; Mac FIE, H. S. H. The effect of advertising format and means-end information on consumer expectation for apples. **Food Quality and Preference**, v. 12, n. 13, p. 189- 205, 2001.

KADER, A. A. Advances in controlled atmosphere applications for quality maintenance of fresh fruits. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 15, 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Lavras: UFLA, p. 136-150, 1998.

KORHONEN, H. Technology options for new nutritional concepts. **International Journal of Dairy Technology**, v. 55, n. 2, p. 79-88, 2002.

KOUKOUNARAS, A.; DIAMANTIDIS, G.; SFAKIOTAKIS, E. The effect of heat treatment on quality retention of fresh-cut peach. **Postharvest Biology and Technology**, v. 48, n. 1, p. 30-36, 2008.

LAMIKANRA, O. & WATSON, M. A. Effects of Ascorbic Acid on Peroxidase and Polyphenoloxidase Activities in Fresh-Cut Cantaloupe Melon. **Journal of Food Science**, v. 66, n. 9, p. 1283 – 1286, 2006.

LIMA, L. C. O. Processamento mínimo de kiwi e mamão. In: Encontro de Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças, 2, 2000, Viçosa, **Anais...**, Viçosa, 2000.

LIVAK, K. J. & SCHMITTGEN, T. D. Analysis of relative gene expression data using real-time quantitative PCR and the 2(T)(-Delta Delta C) method. **Methods**, 25, p. 402– 408, 2001.

LÓPEZ-RUBIRA, V.; CONESA, A.; ALLENDE, A.; ARTÉS, F. Shelf life and overall quality of minimally processed pomegranate arils modified atmosphere packaged and treated with UV-C. **Postharvest Biology and Technology**, v. 37, n. 2, p. 174-185, August 2005.

LUH, B. S.; & PHITHAKPOL, B. Characteristics of polyphenoloxidase related to browning in cling peaches. **Journal of Food Science**, v. 37, p. 264-267, 1972.

MASIH, L.; ROGINSKI, H.; PREMIER, R.; TOMKINS, B.; AJLOUNI, S. Soluble protein content in minimally processed vegetables during storage. **Food Research International**, v. 35, p. 697-702, 2002.

MATEOS, M.; KE, D.; CANTWELL, M.; KADER, A. A. Phenolic metabolism and ethanolic fermentation of intact and cut lettuce exposed to CO₂ enriched atmospheres. **Postharvest Biology and Technology**, v. 3, p. 225-233, 1993.

MATTIUZ, B.; DURIGAN, J. F.; ROSSI JUNIOR, O. D. Processamento mínimo em goiabas 'Paluma' e 'Pedro Sato': 2. Avaliação química, sensorial e microbiológica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 3, 2003.

MEDEIROS, C. A. & RASEIRA, M. C. **A Cultura do Pessegueiro**. Brasília: Embrapa SPI, 1998. 350 p.

MELO, A. A. M.; VILAS BOAS, E. V. B. Inibição do escurecimento enzimático de banana maçã minimamente processada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 1, 2006.

MERCIER, J.; KUC, J. Elicitation of 6-Methoxymellein in Carrot Leaves by *Cercospora carotae*. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 73, n. 1, p. 60-62, January 1997.

MEREDITH, F. I.; ROBERTSON, J. A.; HOVART, R. J. Changes in physical and chemical parameters associated with quality and postharvest ripening of Harvester peaches. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 37, n. 5, p. 1210-1214, 1989.

MERMELSTEIN, N.H. Top executives analyse food R&D in 2001 and beyond. **Food Technology**, v. 55, n. 9, p. 36-58, 2001.

MIGUEL, A. C. A.; DIAS, J. R. P. S.; SPOTO, M. H. F. Efeito do cloreto de cálcio na qualidade de melancias minimamente processadas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 3, 2007.

MOLINE, H. E.; BUTA, J. G.; NEWMAN, I. M. Prevention of browning of banana slices using natural products and their derivatives. **Journal of Food Quality**, v. 22, p. 499-511, 1999.

MORAES, I. V. M.; CENCI, S. A.; BENEDETTI, B. C.; MAMEDE, A. M. G. N.; SOARES, A. G.; BARBOZA, H. T. G. Características físicas e químicas de morango processado minimamente e conservado sob refrigeração e atmosfera controlada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 2, 2008.

MORETTI, C. L. Processamento mínimo de hortaliças: Tendências e desafios. **Horticultura Brasileira** 19: 172, 2001.

PEGORARO, C.; ZANUZO, M. R.; CHAVES, F. C.; BRACKMANN, A.; GIRARDI, C. L.; LUCCHETTA, L.; NORA, L.; SILVA, J. A.; ROMBALDI, C. V. Physiological and molecular changes associated with prevention of woolliness in peach following pre-harvest application of gibberellic acid. **Postharvest Biology and Technology**, v. 57, n. 1, p. 19-26, July 2010.

PEREIRA, L. M.; RODRIGUES, A. C. C.; SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; JUNQUEIRA, V. C. A.; CARDELLO, H. M. A. B.; HUBINGER, M. D. Vida-de-prateleira de goiabas minimamente processadas acondicionadas em embalagens sob atmosfera modificada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 3, 2003.

PÉREZ, A. G.; SANZ, C.; OLÍAS, R.; RÍOS, J. J.; OLÍAS, J. M. Effect of modified atmosphere packaging on strawberry quality during shelf-life. In: SEVENTH INTERNATIONAL CONTROLLED ATMOSPHERE RESEARCH CONFERENCE, Davis, 1997. **Postharvest Horticulture Series**, n. 17, p. 153-159, 1997.

PIZARRO, C. A. C.; BENEDETTI, B. C.; HAJ-ISA, N. M. A. Avaliação de melão minimamente processado armazenado em diferentes temperaturas e embalagens. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 2, 2006.

RAGAERT, P.; VERBEKE, W.; DEVLIEGHERE, F.; DEBEVERE, J. Consumer perception and choice of minimally processed vegetables and packaged fruits. **Food Quality and Preference**, v. 15, p. 259-270, 2004.

RANIERI, A.; CASTAGNA, A.; BALDAN, A.; SOLDATINI, G. F. Iron deficiency differently affects peroxidase isoforms in sunflower. **Journal of Experimental Botany**, v. 52, n. 354, p. 25-35, 2001.

RAYBAUDI-MASSILIA, R. M.; MOSQUEDA-MELGAR, J.; SOBRINO-LÓPEZ, A.; SOLIVA-FORTUNY, R.; MARTÍN-BELLOSO, O. Shelf-life extension of fresh-cut "Fuji" apples at different ripeness stages using natural substances. **Postharvest Biology and Technology**, v. 45, p. 265-275, 2007.

RICHARD-FORGET, F. C.; GOUPY, P. M.; NICOLAS, J. J. Cysteine as an inhibitor of enzymatic browning. 2. kinetic studies. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 40, n. 11, p. 2.108-2.113, 1992.

RIGON, L. *et al.* **Anuário Brasileiro da Fruticultura – 2005**. Gazeta. Santa Cruz do Sul, 2005. 136 p.

RINALDI, M. M.; BENEDETTI, B. C.; CALORE, L. Efeito da embalagem e temperatura de armazenamento em repolho minimamente processado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 3, 2005.

RIVERA-LÓPEZ, J.; VÁZQUEZ-ORTIZ, F. A.; AYALA-ZAVALA, J. F.; SOTELO-MUNDO, R. R.; GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A. Cutting Shape and Storage Temperature Affect Overall Quality of Fresh-cut Papaya cv. 'Maradol'. **Journal of Food Science**, v. 70, n. 7, p. 482–489, 2005.

ROJAS-GRAÜ, M. A.; SOBRINO-LÓPEZ, A.; TAPIA, M. S.; MARTÍN-BELLOSO, O. Browning Inhibition in Fresh-cut 'Fuji' Apple Slices by Natural Antibrowning Agents. **Journal of Food Science**, v. 71, n. 1, p. 59–65. January 2006.

ROJAS-GRAÜ, M. A.; SOLIVA-FORTUNY, R.; MARTÍN-BELLOSO, O. Effect of Natural Antibrowning Agents on Color and Related Enzymes in Fresh-Cut Fuji Apples as an Alternative to the Use of Ascorbic Acid. **Journal of Food Science**, v. 73, n. 6, p. 267– 272. August 2008.

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

ROMBALDI, C. V.; TIBOLA, C. S.; FACHINELLO, J. C.; SILVA, J. A. Percepção de consumidores do Rio Grande do Sul em relação a quesitos de qualidade em frutas/ Perception of Rio Grande do Sul consumers about fruit quality questions. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 3, p. 681-684, 2007.

SAEED, A. I.; SHAROV, V.; WHITE, J.; LI, J.; LIANG, W.; BHAGABATI, N.; BRAISTED, J.; KLAPA, M.; CURRIER, T.; THIAGARAJAN, M.; STURN, A.; SNUFFIN, M.; REZANTSEV, A.; POPOV, D.; RYLTSOV, A.; KOSTUKOVICH, E.; BORISOVSKY, I.; LIU, Z.; VINSAVICH, A.; TRUSH, V.; QUACKENBUSH, J.. TM4: A free, open-source system for microarray data management and analysis. **Biotechniques**, v. 34, p. 374, 2003.

SAINZ, R. L. **Suco clarificado de pêssegos [*Prunus persica* (L.) Batsch]: processamento, vida-de-prateleira, comportamento enzimático, físico, químico e sensorial**. Tese (doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal de Pelotas (UFPel). 165 p. 2006.

SAPERS, G. M. Browning of Food: Control by Sulfites, antioxidants and other means. **Food Technology**, v. 47, n. 10, p. 75-84, 1993.

SAPERS, G. M. & MILLER, R. L. Browning inhibition in fresh-cut pears. **Journal of Food Science**, v. 63, n. 2, p. 342-346, 1998.

SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; ALVES, R. V.; OLIVEIRA, L. M.; GOMES, T. **Embalagens com atmosfera modificada**. Campinas: CETEA/ITAL, 114p., 1998.

SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; OLIVEIRA, L. M.; TELES, C. S.; COPPELMANS, S. A. Efeitos da embalagem e da temperatura de estocagem na qualidade de couve minimamente processada. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 6, n. 2, p. 185-190, 2003.

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

SERAFINI, M. The effects of minimal processing operations on the nutritional components of fresh-cut produce. In: SECOND INTERNATIONAL CONFERENCE ON FRESH-CUT PRODUCE. Gloucestershire, UK. **Conference Proceedings**. Campden & Chorleywood Food Research Association Group. 13 – 14, September, 2001.

SILVA, G. C.; MAIA, G. A.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUZA FILHO, M. S. M.; ALVES, R. E.; SOUZA NETO, M. A. Efeito do tipo de corte nas características físico-químicas e físicas do abacaxi pérola minimamente processado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 2, 2005.

SILVA, V. V.; SOARES, N. F. F.; GERALDINE, R. M. Efeito da embalagem e temperatura de estocagem na conservação de mandioca minimamente processada. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 6, n. 2, p. 197-202, 2003.

SLOAN, A. E. What consumers want—and don't want—on food and beverage labels. **Food Technology**, v. 57, n. 11, p. 26-36, 2003.

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

SOLIVA-FORTUNY, R. C.; OMS-OLIU, G.; MARTÍN-BELLOSO, O. Effects of Ripeness Stages on the Storage Atmosphere, Color, and Textural Properties of Minimally Processed Apple Slices. **Journal of Food Science**, v. 67, n. 5, p. 1958 – 1963, 2006.

SOUZA, J. N. S.; SILVA, E.; LOIR, A.; ROGEZ, H.; REES, J.; LARONDELLE, Y. Antioxidant capacity of four polyphenol-rich Amazonian plant extracts: a correlation study using chemical and biological in vitro assays. **Food Chemistry**, v. 106, n. 1, p. 331-339, 2008.

SOUSA, J. P.; PRAÇA, E. F.; ALVES, R. E.; NETO, B.; DANTAS, F. F. Influência do armazenamento refrigerado em associação com atmosfera modificada por filmes plásticos na qualidade de mangas 'Tommy Atkins'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, p. 665-668, 2002.

STEVENS, C.; KHAN, V. A.; WILSON, C. L.; LUA, J. Y.; CHALUTZC, E.; DROBYC, S. The effect of fruit orientation of postharvest commodities following low dose ultraviolet light-C treatment on host induced resistance to decay. **Crop Protection**, v. 24, p. 756-759, 2005.

- STEVENS, C.; LIU, J.; KHAN, V. A.; LU, J. Y.; KABWE, M. K.; WILSON, C. L.; IGWEGBE, E. C. K.; CHALUTZ, E.; DROBY, S. The effects of low-dose ultraviolet light-C treatment on polygalacturonase activity, delay ripening and Rhizopus soft rot development of tomatoes. **Crop Protection**, v. 23, p. 551-554, 2004.
- TEIXEIRA, G. H. A.; DURIGAN, J. F.; MATTIUZ, B.; ROSSI JÚNIOR, O. D. Processamento mínimo de mamão 'formosa'. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 1, 2001.
- TEIXEIRA, G. H. A.; DURIGAN, J. F.; ALVES, R. E.; O'HARE, T. J. Use of modified atmosphere to extend shelf life of fresh-cut carambola (*Averrhoa carambola* L. cv. Fwang Tung). **Postharvest Biology and Technology**, v. 44, n.1, p. 80-85, April 2007.
- TORALLES, R. P.; VENDRUSCOLO, J.L.; HAAS, L. I. R.; FERRI, N. L.; DEL PINO, F. B.; ANTUNES, P.L. Partial characterization of the enzymatic browning for polyphenoloxidase in peaches of the cv Granada, Jade, Esmeralda and Maciel. **Revista Brasileira de Agrociência** v. 10, n.2, p. 241-244, 2004.
- TIJSKENS, L. M. M.; RODIS, P. S.; HERTOOG, M. L. A. T. M.; WALDRON, K. W.; INGHAM, L.; PROXENIA, N.; VAN DIJK, C. Activity of peroxylase during blanching of peaches, carrots and potatoes. **Journal of Food Engineering**, v. 34, p. 355-370, 1997.
- TOMÁS-BARBERÁN, F. A. & ROBINS, R. J. Introduction, in **Phytochemistry of Fruit and Vegetables, Proceedings of the Phytochemical society of Europe 41**, Tomás-Barberán, F. A. & Robins, R. J., Eds. Clarendon Press, Oxford, U. K., 1-10, 1997.
- TRAINOTTI, L.; BONGHI, C.; ZILLOTTO, F.; ZANIN, D.; RASORI, A.; CASADORO, G.; RAMINA, A.; TONUTTI, P. The use of microarray μ PEACH1.0 to investigate transcriptome changes during transition from pre-climacteric to climacteric phase in peach fruit. **Plant Science**, 170, n. 3, p. 606–613, 2006.
- TRAINOTTI, L.; ZANIN, D.; CASADORO, G. A cell wall-oriented genomic approach reveals a new and unexpected complexity of the softening in peaches. **Journal of Experimental Botany**, v. 54, n. 389, p. 1821–1832, 2003.
- VANETTI, M. A. D. Controle microbiológico e higiene no processamento mínimo. In: II Encontro de Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças, 2000, Viçosa, MG. **Palestra...**, Viçosa, MG, Ed. UFV, p.44-52, 2000.
- VILAS BOAS, E. V. de B.; KADER, A. A. Effect of 1-MCP on fresh-cut fruits. **Perishables Handling Quarterly**, Davis, n. 108, p. 25, november, 2001.
- VILELA, N. J. & MACEDO, M. C. Fluxo de poder no agronegócio: o caso das hortaliças. **Horticultura Brasileira** 18, n. 2, p. 88–94, 2000.
- VINCI, G.; BOTRE, F.; MELE, G.; RUGGIERI, G. Ascorbic acid in exotic fruits: a liquid chromatography investigation. **Food Chemistry**, v. 53, n.2, p. 211-14, 1995.
- WHITAKER, J. R. **Principles of enzymology for the food sciences**. 2 ed. New York: Marcel Dekker, 1994. 625 p.

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

ZAGORY, D. Effects of post-processing handling and packaging on microbial populations. **Postharvest Biology and Technology**, v. 15, p. 313-321, 1999.

APÊNDICE – A

Tabela A1: Análise da variação aplicada ao pH de pêssegos, cv Esmeralda, submetidos a tratamentos com antioxidantes

Fontes de variação	GL	SQ	QM	F	Prob>F
Tratamento	3	1826,55	427,34	9,31	<,0001
Resíduo	100	3378,82	35,46		
Total	103	5205,37			

Coefficiente de variação: 11,17096

Coefficiente de determinação: 0,268144

Tabela A2: Análise da variação aplicada à ATT de pêssegos, cv Esmeralda, submetidos a tratamentos com antioxidantes

Fontes de variação	GL	SQ	QM	F	Prob>F
Tratamento	3	1533,15	307,55	14,18	<,0001
Resíduo	100	132,41	38,74		
Total	103	1665,56			

Coefficiente de variação: 17,59823

Coefficiente de determinação: 0,232568

Tabela A3: Análise da variação aplicada ao teor de SST de pêssegos, cv Esmeralda, submetidos a tratamentos com antioxidantes

Fontes de variação	GL	SQ	QM	F	Prob>F
Tratamento	3	1628,95	1254,24	21,48	<,0001
Resíduo	100	3873,81	83,25		
Total	103	5502,76			

Coefficiente de variação: 13,62117

Coefficiente de determinação: 0,464032

Tabela A4: Análise da variação aplicada à Firmeza de pêssegos, cv Esmeralda, submetidos a tratamentos com antioxidantes

Fontes de variação	GL	SQ	QM	F	Prob>F
Tratamento	3	1971,46	38,56	19,22	<,0001
Resíduo	100	2273,91	11,74		
Total	103	4245,37			

Coefficiente de variação: 17,74902

Coefficiente de determinação: 0,146285

Tabela A5: Análise da variação aplicada à coordenada L^* de pêssegos, cv Esmeralda, submetidos a tratamentos com antioxidantes

Fontes de variação	GL	SQ	QM	F	Prob>F
Tratamento	3	82,36	3129,85	16,19	<,0001
Resíduo	100	419,24	78,63		
Total	103	501,60			

Coeficiente de variação: 22,68193

Coeficiente de determinação: 0,250657

Tabela A6: Análise da variação aplicada ao ângulo *hue* de pêssegos, cv Esmeralda, submetidos a tratamentos com antioxidantes

Fontes de variação	GL	SQ	QM	F	Prob>F
Tratamento	3	683,43	554,82	11,55	<,0001
Resíduo	100	1464,81	28,28		
Total	103	2148,24			

Coeficiente de variação: 17,35086

Coeficiente de determinação: 0,235136

Tabela A7: Análise da variação aplicada à atividade da PPO de pêssegos, cv Esmeralda, submetidos a tratamentos com antioxidantes

Fontes de variação	GL	SQ	QM	F	Prob>F
Tratamento	3	16,45	4,81	1,72	0,0875
Resíduo	100	115,88	1,58		
Total	103	132,33			

Coeficiente de variação: 47,38592

Coeficiente de determinação: 0,092753

Tabela A8: Análise da variação aplicada à atividade da POD de pêssegos, cv Esmeralda, submetidos a tratamentos com antioxidantes

Fontes de variação	GL	SQ	QM	F	Prob>F
Tratamento	3	12,55	4,84	2,98	0,1086
Resíduo	100	312,29	2,88		
Total	103	324,84			

Coeficiente de variação: 50,13579

Coeficiente de determinação: 0,078765

Tabela A9: Médias* de cor de pêssgo, cv. Esmeralda, minimamente processado submetido a diferentes tratamentos** armazenado a 4°C e 85±3% UR

Tratamento	Dias de Armazenamento								CV%
	0		2		4		6		
-----Cor (Notas)-----									
Controle	1,90	Ac	0,85	Bc	0,62	Bc	0,70	Bc	66,63
AA+CC	5,90	Aa	2,33	Bb	2,63	Bb	2,96	Bb	37,31
Cis+CC	4,94	Aab	4,79	Aa	4,28	Aa	4,03	Aa	21,60
Cis+AA+CC	4,47	Ab	4,82	Aa	4,44	Aa	4,34	Aa	16,77
CV (%)	24,23		29,73		27,27		28,95		

* Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 5% de significância.

** Tratamentos: Controle = sem antioxidante; AA+CC = ácido ascórbico 1% + cloreto de cálcio 1%; Cis+CC = cloridrato de L-cisteína (Cis) 1,5% + CC 1%; Cis+AA+CC = Cis 1,5% + AA 1% + CC 1%

Tabela A10: Médias* de doçura de pêssgo, cv. Esmeralda, minimamente processado submetido a diferentes tratamentos** armazenado a 4°C e 85±3% UR

Tratamento	Dias de Armazenamento								CV%
	0		2		4		6		
	-----Doçura (Notas)-----								
Controle	2,61	Aab	1,81	Aa	1,70	Aa	1,70	Aa	64,87
AA+CC	3,12	Aa	2,79	Aa	2,49	ABa	1,51	Ba	46,74
Cis+CC	2,41	Aab	2,27	Aa	1,84	Aa	1,78	Aa	66,39
Cis+AA+CC	2,37	ABb	2,86	Aa	2,00	ABa	1,75	Ba	36,51
CV (%)	29,50		48,64		67,92		86,07		

*Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 5% de significância.

** Tratamentos: Controle = sem antioxidante; AA+CC = ácido ascórbico 1% + cloreto de cálcio 1%; Cis+CC = cloridrato de L-cisteína (Cis) 1,5% + CC 1%; Cis+AA+CC = Cis 1,5% + AA 1% + CC 1%

Tabela A11: Médias* de acidez de pêssgo, cv. Esmeralda, minimamente processado submetido a diferentes tratamentos** armazenado a 4°C e 85±3% UR

Tratamento	Dias de Armazenamento								CV%
	0		2		4		6		
-----Acidez (Notas)-----									
Controle	3,37	Aa	3,21	Aab	2,58	ABb	1,42	Bb	38,72
AA+CC	3,44	Aa	2,23	Bb	3,05	ABab	2,35	ABab	41,03
Cis+CC	2,87	Aa	2,87	Ab	3,65	Aa	2,87	Aa	36,56
Cis+AA+CC	3,17	Ba	4,39	Aa	3,11	Bab	2,83	Ba	35,38
CV (%)	32,35		41,10		36,09		44,79		

*Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 5% de significância.

** Tratamentos: Controle = sem antioxidante; AA+CC = ácido ascórbico 1% + cloreto de cálcio 1%; Cis+CC = cloridrato de L-cisteína (Cis) 1,5% + CC 1%; Cis+AA+CC = Cis 1,5% + AA 1% + CC 1%

Tabela A12: Médias* de consistência de pêssgo, cv. Esmeralda, minimamente processado submetido a diferentes tratamentos** armazenado a 4°C e 85±3% UR

Tratamento	Dias de Armazenamento								CV%
	0		2		4		6		
-----Consistência (Notas)-----									
Controle	4,20	Bbc	7,06	Aa	4,67	Ba	5,19	Ba	23,88
AA+CC	5,49	Aa	4,38	Bb	4,58	ABa	3,94	Bab	20,70
Cis+CC	3,23	Bc	3,83	ABbc	4,08	Aa	3,23	Bb	23,45
Cis+AA+CC	4,76	Aab	3,09	Bc	4,50	Aa	2,83	Bb	29,53
CV (%)	25,97		23,62		21,90		27,61		

*Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 5% de significância.

** Tratamentos: Controle = sem antioxidante; AA+CC = ácido ascórbico 1% + cloreto de cálcio 1%; Cis+CC = cloridrato de L-cisteína (Cis) 1,5% + CC 1%; Cis+AA+CC = Cis 1,5% + AA 1% + CC 1%

Tabela A13: Análise da variação aplicada à coordenada L^* de pêssegos, cv Esmeralda, submetidos à radiação UV-C e metabissulfito de K

Fontes de variação	GL	SQ	QM	F	Prob>F
Tratamento	4	1628,95	407,24	10,51	<,0001
Resíduo	100	3873,81	38,74		
Total	104	5502,76			

Coefficiente de variação: 13,07039

Coefficiente de determinação: 0,296025

Tabela A14: Análise da variação aplicada ao ângulo *hue* de pêssegos, cv Esmeralda, submetidos à radiação UV-C e metabissulfito de K

Fontes de variação	GL	SQ	QM	F	Prob>F
Tratamento	4	5783,94	1445,90	15,34	<,0001
Resíduo	100	9427,90	94,28		
Total	104	15211,85			

Coefficiente de variação: 12,60382

Coefficiente de determinação: 0,380226

Tabela A15: Análise da variação aplicada à firmeza de pêssegos, cv Esmeralda, submetidos à radiação UV-C e metabissulfito de K

Fontes de variação	GL	SQ	QM	F	Prob>F
Tratamento	4	203,56	50,89	3,63	<,0084
Resíduo	100	1402,29	14,02		
Total	104	1605,85			

Coefficiente de variação: 25,71580

Coefficiente de determinação: 0,126763

Tabela 16: Análise da variação aplicada ao teor de ácido ascórbico de pêssegos, cv Esmeralda, submetidos à radiação UV-C e metabissulfito de K

Fontes de variação	GL	SQ	QM	F	Prob>F
Tratamento	4	14,23	3,56	1,93	0,1121
Resíduo	100	184,76	1,85		
Total	104	198,99			

Coefficiente de variação: 50,79128

Coefficiente de determinação: 0,071504

Tabela 17: Análise da variação aplicada ao teor de compostos fenólicos totais de pêssegos, cv Esmeralda, submetidos à radiação UV-C e metabissulfito de K

Fontes de variação	GL	SQ	QM	F	Prob>F
Tratamento	4	370793,39	92698,35	31,85	<,0001
Resíduo	100	291070,00	2910,70		
Total	104	661863,39			

Coeficiente de variação: 6,974091

Coeficiente de determinação: 0,560226

Tabela 18: Análise da variação aplicada à atividade antioxidante por DPPH de pêssegos, cv Esmeralda, submetidos à radiação UV-C e metabissulfito de K

Fontes de variação	GL	SQ	QM	F	Prob>F
Tratamento	4	8482,19	2120,55	21,64	<,0001
Resíduo	100	9797,14	97,97		
Total	104	18279,33			

Coeficiente de variação: 13,62117

Coeficiente de determinação: 0,464032

Tabela 19: Análise da variação aplicada à atividade PAL de pêssegos, cv Esmeralda, submetidos à radiação UV-C e metabissulfito de K

Fontes de variação	GL	SQ	QM	F	Prob>F
Tratamento	4	24042,86	6010,71	29,28	<,0001
Resíduo	100	20526,19	205,26		
Total	104	44569,05			

Coeficiente de variação: 19,33588

Coeficiente de determinação: 0,539452

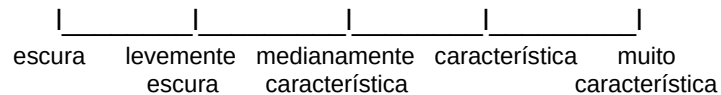
APÊNDICE – B

Ficha de Instruções

Utilizando as escalas como referência, avalie os produtos e registre sua percepção.

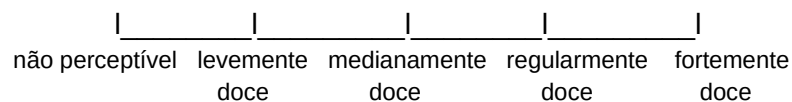
1. Visualmente, compare as amostras e avalie o atributo solicitado.

Cor

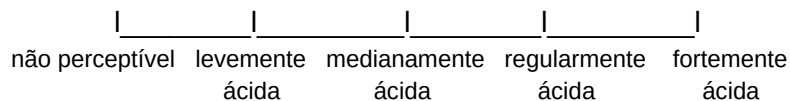


2. Prove as amostras de pêssago, registrando as diferentes intensidades dos atributos de sabor solicitados.

Doçura

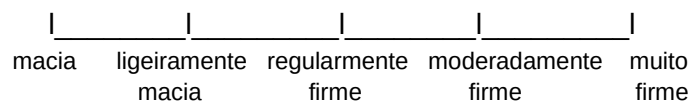


Acidez



3. Colocando a amostra entre os molares, corte e registre a força necessária para rompê-la. Isto indicará o seu grau de maciez ou firmeza.

Consistência



Avaliação Sensorial de Pêssego

Nome:.....

Data:...../12/2008

Dia:.....

Avalie as amostras de pêssego; faça um traço vertical na altura da escala que represente a sua percepção da característica solicitada.

Código da amostra

Cor

_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

Doçura

_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

Acidez

_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

Consistência

_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

Comentários:.....

