

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU**

**ATIVIDADE ANTIOXIDANTE, COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS E
COR EM ABACATE ‘HASS’ SUBMETIDO A DIFERENTES
TRATAMENTOS FÍSICOS**

MARIA AUGUSTA TREMOCOLDI

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu,
para obtenção do título de Mestre em Agronomia
(Horticultura)

BOTUCATU - SP

Março - 2011

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU**

**ATIVIDADE ANTIOXIDANTE, COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS E
COR EM ABACATE ‘HASS’ SUBMETIDO A DIFERENTES
TRATAMENTOS FÍSICOS**

MARIA AUGUSTA TREMOCOLDI

Orientador: Rogério Lopes Vieites

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu,
para obtenção do título de Mestre em Agronomia
(Horticultura)

BOTUCATU – SP

Março - 2011

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Tremocoldi, Maria Augusta, 1983-
T791a Atividade antioxidante, compostos fenólicos totais e cor em abacate 'Hass' submetido a diferentes tratamentos físicos / Maria Augusta Tremocoldi. - Botucatu : [s.n.], 2011
 x, 102 f. : il., gráfs., tabs.

 Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2011
 Orientador: Rogério Lopes Vieites
 Inclui bibliografia

 1. *Persea americana* Mill. 2. Hidrotermia. 3. Radiação gama. 4. Radiação ultravioleta (UV-C). I. Vieites, Rogério Lopes. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

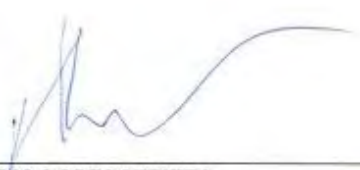
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "ATIVIDADE ANTIOXIDANTE, COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS E
COR EM ABACATE 'HASS' SUBMETIDO A DIFERENTES TRATA-
MENTOS FÍSICOS".

ALUNA: MARIA AUGUSTA TREMOCOLDI

ORIENTADORA: PROF. DR. ROGÉRIO LOPES VIEITES

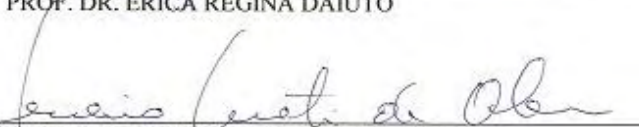
Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. ROGÉRIO LOPES VIEITES



PROF. DR. ÉRICA REGINA DAIUTO



PROF. DR. SEVERINO MATIAS DE ALENCAR

Data da Realização: 03 de março de 2011.

“Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina.”

Cora Coralina

Aos meus pais,

CÉSAR TREMOCOLDI e

VERA TREMOCOLDI

Pelo incentivo, apoio e pela confiança depositada em mim.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelas bênçãos, conquistas e pela força nesta caminhada.

Aos meus pais César e Vera, pelo amor, compreensão e por acreditarem em mim em todos os momentos da minha vida.

À minha querida irmã Maria Victória e minha sobrinha Maria Eduarda.

À minha tia Cida e aos meus primos Maurício e Rita.

À Faculdade de Ciências Agronômicas pela oportunidade de aprendizagem.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Rogério Lopes Vieites, pelos ensinamentos, oportunidade, orientação e pela confiança na realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Severino Matias de Alencar, pela oportunidade, atenção e disponibilidade em ajudar.

À Érica Daiuto, pelo incentivo, convívio, amizade, pela ajuda incansável e pela paciência que teve por mim, ajudando no meu crescimento e no desenvolvimento do projeto.

A todos os docentes do curso de Pós-graduação pelos ensinamentos transmitidos.

À empresa Jaguacy, pelo fornecimento dos frutos.

Às funcionárias da Seção de Pós-graduação da FCA/UNESP, pela atenção e ajuda que sempre me deram quando precisei.

Aos técnicos do laboratório Edson Alves Rosa e Márcia Rossi, pela amizade, ajuda e convivência.

Às amigas do laboratório de pós- colheita, Daniele, Juliana Simon, Maria Rosa e Viviane, pela grande ajuda na execução deste trabalho, além dos momentos de amizade e descontração.

Aos amigos do Programa de Pós-graduação, em especial Amanda, Ana Maria, Camila, Caroline Mateus, Edvar, Felipe, Gisele, Humberto, Izabela, Jamile, Jeniffer, Márcia, Manoel, Mel, João Paulo, Rosângela, Taíce e Waylson, pela companhia, convivência, aprendizagem e principalmente pela amizade todos esses anos.

Às amigas do Laboratório de Bioquímica e Análise instrumental da ESALQ: Adna, Ana Paula, Ivani, Izabela, Keityane, Lucimara, Priscilla, Rosângela, Tatiane, pela amizade e ajuda em todos os momentos que precisei.

Às queridas amigas Gláucia Moreira e Cristiane Morgado que sempre estiveram presentes em minha vida.

Às minhas grandes e eternas amigas de Santa Bárbara, Andressa, Carol, Daniela, Marcela, Mariana, Michele, Milene e Érika, pelos ótimos momentos de descontração, amizade e bom humor.

E a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste projeto.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	VIII
RESUMO	1
SUMMARY	2
1. INTRODUÇÃO	4
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1. Abacate	7
2.2. Fisiologia pós-colheita de frutos	9
2.2.1. Pós-colheita de Abacate	10
2.3. Métodos de conservação pós-colheita	12
2.3.1. Refrigeração	12
2.3.2. Radiação gama	14
2.3.3. Tratamento Térmico	16
2.3.4. Radiação ultravioleta (UV-C)	19
2.4. Importância das frutas na dieta como fonte de compostos fenólicos	21
2.5. Antioxidantes	22
2.6. Compostos fenólicos.....	25
2.7. Cor em alimentos.....	28
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	30
3.1. Matéria prima	30
3.1.1. Caracterização da matéria prima	30
3.2. Tratamento dos frutos.....	31
3.3. Atividade antioxidante e compostos fenólicos totais	32
3.3.1. Preparo do extrato etanólico da polpa.....	32
3.3.1.1. Atividade antioxidante pelo método DPPH	33
3.3.1.2. Compostos fenólicos totais.....	33
3.4. Cor	34
3.5. Análise Estatística	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
4.1. Caracterização da matéria prima	35

4.2.	Experimento I – Tratamento térmico.....	37
4.2.1.	Atividade Antioxidante.....	37
4.2.2.	Compostos fenólicos totais	40
4.2.3.	Cor	43
4.2.4.	Análise de correlação.....	51
4.3.	Experimento II – Radiação gama	51
4.3.1.	Atividade Antioxidante.....	51
4.3.2.	Compostos fenólicos totais	54
4.3.3.	Cor	57
4.3.4.	Análise de correlação.....	64
4.4.	Experimento III- Radiação ultravioleta (UV-C)	65
4.4.1.	Atividade Antioxidante.....	65
4.4.2.	Compostos fenólicos totais	68
4.4.3.	Cor	72
4.4.4.	Análise de correlação.....	79
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	80
6.	CONCLUSÕES	82
7.	REFERÊNCIAS.....	83
	APÊNDICE	100

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização da polpa do abacate ‘Hass’ verde a amadurecido.....	35
Tabela 2 - Variação média e desvio-padrão da atividade antioxidante (%) em abacates ‘Hass’ submetidos ao tratamento térmico (45°C) e armazenados à 10°C±1 e 90±5% de UR, por 12 dias.	37
Tabela 3 - Variação média e desvio-padrão da atividade antioxidante (%) em abacates ‘Hass’ submetidos ao tratamento térmico (45°C) e armazenados à 21°C±1 e 70±5% de UR, por 12 dias.	39
Tabela 4 - Variação média e desvio-padrão do teor de compostos fenólicos totais (mg ácido gálico.100g ⁻¹ polpa) em abacates ‘Hass’ submetidos ao tratamento térmico (45°C) e armazenados à 10°C±1 e 90±5% de UR, por 12 dias.	40
Tabela 5 - Variação média e desvio-padrão do teor de compostos fenólicos totais (mg ácido gálico.100g ⁻¹ polpa) em abacates ‘Hass’ submetidos ao tratamento térmico (45°C) e armazenados à 21°C±1 e 70±5% de UR, por 12 dias.	42
Tabela 6 - Variação média e desvio-padrão da luminosidade (L) em abacates ‘Hass’ submetidos ao tratamento térmico (45°C) e armazenados à 10°C±1 e 90±5% de UR, por 15 dias.	44
Tabela 7 - Variação média e desvio-padrão do parâmetro de cor a* em abacates ‘Hass’ submetidos ao tratamento térmico (45°C) e armazenados à 10°C±1 e 90±5% de UR, por 15 dias.	45
Tabela 8 - Variação média e desvio-padrão do parâmetro de cor b* em abacates ‘Hass’ submetidos ao tratamento térmico (45°C) e armazenados à 10°C±1 e 90±5% de UR, por 15 dias.	46
Tabela 9 - Variação média e desvio-padrão da luminosidade (L) em abacates ‘Hass’ submetidos ao tratamento térmico (45°C) e armazenados à 21°C±1 e 70±5% de UR, por 15 dias.	47
Tabela 10 - Variação média e desvio-padrão do parâmetro de cor a* em abacates ‘Hass’ submetidos ao tratamento térmico (45°C) e armazenados à 21°C±1 e 70±5% de UR, por 15 dias.	48

Tabela 11 - Variação média e desvio-padrão do parâmetro de cor b^* em abacates ‘Hass’ submetidos ao tratamento térmico (45°C) e armazenados à $21^{\circ}\text{C}\pm 1$ e $70\pm 5\%$ de UR, por 15 dias.	50
Tabela 12 - Correlações lineares para atividade antioxidante (AA), fenóis, L, a^* e b^*	51
Tabela 13 - Variação média e desvio-padrão da atividade antioxidante (%) em abacates ‘Hass’ submetidos à radiação gama e armazenados à $10^{\circ}\text{C}\pm 1$ e $90\pm 5\%$ de UR, por 12 dias.	52
Tabela 14 - Variação média e desvio-padrão da atividade antioxidante (%) em abacates ‘Hass’ submetidos à radiação gama e armazenados à $21^{\circ}\text{C}\pm 1$ e $70\pm 5\%$ de UR, por 12 dias.	53
Tabela 15 - Variação média e desvio-padrão do teor de compostos fenólicos totais ($\text{mg ácido gálico}\cdot 100\text{g}^{-1}$ polpa) em abacates ‘Hass’ submetidos à radiação gama e armazenados à $10^{\circ}\text{C}\pm 1$ e $90\pm 5\%$ de UR, por 12 dias.....	54
Tabela 16 - Variação média e desvio-padrão do teor de compostos fenólicos totais ($\text{mg ácido gálico}\cdot 100\text{g}^{-1}$ polpa) em abacates ‘Hass’ submetidos à radiação gama e armazenados à $21^{\circ}\text{C}\pm 1$ e $70\pm 5\%$ de UR, por 12 dias.....	56
Tabela 17 - Variação média e desvio-padrão da luminosidade (L) em abacates ‘Hass’ submetidos à radiação gama e armazenados à $10^{\circ}\text{C}\pm 1$ e $90\pm 5\%$ de UR, por 15 dias.	58
Tabela 18 - Variação média e desvio-padrão do parâmetro de cor a^* em abacates ‘Hass’ submetidos à radiação gama e armazenados à $10^{\circ}\text{C}\pm 1$ e $90\pm 5\%$ de UR, por 15 dias.	59
Tabela 19 - Variação média e desvio-padrão do parâmetro de cor b^* em abacates ‘Hass’ submetidos à radiação gama e armazenados à $10^{\circ}\text{C}\pm 1$ e $90\pm 5\%$ de UR, por 15 dias.	60
Tabela 20 - Variação média e desvio-padrão da luminosidade (L) em abacates ‘Hass’ submetidos à radiação gama e armazenados à $21^{\circ}\text{C}\pm 1$ e $70\pm 5\%$ de UR, por 15 dias.	61
Tabela 21 - Variação média e desvio-padrão do parâmetro de cor a^* em abacates ‘Hass’ submetidos à radiação gama e armazenados à $21^{\circ}\text{C}\pm 1$ e $70\pm 5\%$ de UR, por 15 dias.	62
Tabela 22 - Variação média e desvio-padrão do parâmetro de cor b^* em abacates ‘Hass’ submetidos à radiação gama e armazenados à $21^{\circ}\text{C}\pm 1$ e $70\pm 5\%$ de UR, por 15 dias.	63
Tabela 23 - Correlações lineares para atividade antioxidante (AA), fenóis, L, a^* e b^*	64
Tabela 24 - Variação média e desvio-padrão da atividade antioxidante (%) em abacates ‘Hass’ submetidos à radiação ultravioleta (UV-C) e armazenados à $10^{\circ}\text{C}\pm 1$ e $90\pm 5\%$ de UR, por 12 dias.	65

Tabela 25 - Variação média e desvio-padrão da atividade antioxidante (%) em abacates ‘Hass’ submetidos à radiação ultravioleta (UV-C) e armazenados à 21°C±1 e 70±5% de UR, por 12 dias.	67
Tabela 26 - Variação média e desvio-padrão do teor de compostos fenólicos totais (mg ácido gálico.100g ⁻¹ polpa) em abacates ‘Hass’ submetidos à radiação ultravioleta (UV-C) e armazenados à 10°C±1 e 90±5% de UR, por 12 dias.	68
Tabela 27 - Variação média e desvio-padrão do teor de compostos fenólicos totais (mg ácido gálico.100g ⁻¹ polpa) em abacates ‘Hass’ submetidos à radiação ultravioleta (UV-C) e armazenados à 21°C±1 e 70±5% de UR, por 12 dias.	70
Tabela 28 - Variação média e desvio-padrão da luminosidade (L) em abacates ‘Hass’ submetidos à radiação ultravioleta (UV-C) e armazenados à 10°C±1 e 90±5% de UR, por 15 dias.	72
Tabela 29 - Variação média e desvio-padrão do parâmetro de cor a* em abacates ‘Hass’ submetidos à radiação ultravioleta (UV-C) e armazenados à 10°C±1 e 90±5% de UR, por 15 dias.	73
Tabela 30 - Variação média e desvio-padrão do parâmetro de cor b* em abacates ‘Hass’ submetidos à radiação ultravioleta (UV-C) e armazenados à 10°C±1 e 90±5% de UR, por 15 dias.	74
Tabela 31 - Variação média e desvio-padrão da luminosidade (L) em abacates ‘Hass’ submetidos à radiação ultravioleta (UV-C) e armazenados à 21°C±1 e 70±5% de UR, por 15 dias.	75
Tabela 32 - Variação média e desvio-padrão do parâmetro de cor a* em abacates ‘Hass’ submetidos à radiação ultravioleta (UV-C) e armazenados à 21°C±1 e 70±5% de UR, por 15 dias.	77
Tabela 33 - Variação média e desvio-padrão do parâmetro de cor b* em abacates ‘Hass’ submetidos à radiação ultravioleta (UV-C) e armazenados à 21°C±1 e 70±5% de UR, por 15 dias.	78
Tabela 34 - Correlações lineares para atividade antioxidante (AA), fenóis, L, a* e b *.	79

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo determinar a atividade antioxidante, compostos fenólicos totais e cor em abacate 'Hass' submetido ao tratamento térmico, radiação gama e ultravioleta. Após a colheita, os frutos foram selecionados para tornar o lote homogêneo. Foi realizada a caracterização do fruto verde e amadurecido quanto a acidez titulável, pH, umidade, teor de lipídios, cinzas (minerais), proteína (nitrogênio bruto), açúcar total e coloração. Foram realizados 3 experimentos com frutos recém colhidos. Experimento I: imersão dos frutos em água a 45°C por 5, 10, 15 e 20 minutos; Experimento II: radiação gama nas doses 0,2; 0,4; 0,6 e 1,0kGy e Experimento III: radiação ultravioleta (UV-C) por 5, 10, 15 e 20 minutos. Após os tratamentos, os frutos foram armazenados em temperatura ambiente (21°C±1 e 70±5% de UR) e refrigerado (10°C±1 e 90±5% de UR). Os frutos foram analisados quanto à capacidade antioxidante pelo método DPPH e compostos fenólicos totais aos 0, 3, 9 e 12 dias. A coloração foi avaliada aos 0, 3, 6, 9, 12 e 15 dias. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade. Nas condições em que os experimentos foram realizados, pode-se concluir que os frutos do tratamento testemunha e mantidos sob refrigeração apresentaram maior capacidade antioxidante e teor de compostos fenólicos totais ao longo do período de armazenamento; o tratamento térmico por 5 e 10 minutos foi efetivo na manutenção da capacidade antioxidante e dos compostos fenólicos; a dose de 0,6kGy não foi efetiva na manutenção da capacidade antioxidante; a radiação ultravioleta (UV-C) não manteve a capacidade antioxidante dos frutos, no entanto ocasionou aumento na quantidade de compostos fenólicos; o tratamento térmico e a radiação ultravioleta não afetaram a coloração da polpa.

Palavras – chave: *Persea americana* Mill, hidrotermia, radiação gama, radiação ultravioleta (UV-C).

ANTIOXIDANT ACTIVITY, TOTAL PHENOLIC COMPOUNDS AND COLOR IN AVOCADO 'HASS' SUBMITTED TO DIFFERENT PHYSICAL THERAPY. Botucatu, 2011. 102p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Horticultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: Maria Augusta Tremocoldi

Adviser: Rogério Lopes Vieites

SUMMARY

This study aimed to determine the antioxidant activity, total phenolic compounds and color in avocado 'Hass' submitted to heat treatment, gamma and ultraviolet radiation. After harvest, fruits were selected to make the homogeneous portion. The characterization was performed of the green fruit and mature as acidity, pH, moisture, lipids, ash (minerals), protein (nitrogen gross), total sugar and coloring. 3 experiments were performed with freshly harvested fruits. Experiment I: immersion of fruits in water at 45 ° C for 5, 10, 15 and 20 minutes; Experiment II: gamma radiation doses 0.2, 0.4, 0.6 and 1.0 kGy and Experiment III: ultraviolet radiation (UV-C) for 5, 10, 15 and 20 minutes. After treatments, fruits were stored at room temperature ($21\pm1^{\circ}\text{C}$ and $70\pm5\%$ HR) and refrigeration ($10^{\circ}\text{C}\pm1$ and $90\pm5\%$ HR). The fruits were analyzed for their antioxidant capacity by DPPH method and phenolic compounds at 0, 3, 9 and 12 days. The color was measured at 0, 3, 6, 9, 12 and 15 days. Data were subjected to analysis of variance and mean comparison using Tukey's test at 1% probability. In conditions where the experiments were performed, one can conclude that the fruits of control treatment and kept under refrigeration had higher antioxidant capacity and content of phenolic compounds during the storage period, the heat treatment for 5 and 10 minutes was effective the maintenance of antioxidant capacity and phenolic compounds, the dose of 0.6 kGy was not effective in maintenance the antioxidant capacity, ultraviolet radiation (UV-C) did not maintain the antioxidant capacity of fruits, however caused an increase in the content of phenolic compounds, heat treatment and ultraviolet radiation did not affect the pulp color.

Keywords: *Persea americana* Mill, hot water treatment, gamma radiation, ultraviolet radiation (UV-C).

1. INTRODUÇÃO

O consumo de frutas e hortaliças tem aumentado principalmente em decorrência do seu valor nutritivo e efeitos terapêuticos. Esses alimentos contêm diferentes fitoquímicos, muitos dos quais possuem propriedades antioxidantes que podem estar relacionadas com o retardo do envelhecimento e com a prevenção de algumas doenças (SIQUEIRA; OETTERER; REGITANO-D'ARCE, 1997; LIMA; MÉLO; LIMA, 2002). Como resultado, observa-se um aumento mundial no consumo desses produtos e a crescente oferta de frutos *in natura* no mercado (SILVA, 1996; LEITE, 1997).

A conservação da qualidade nutricional dos alimentos é uma preocupação e uma exigência cada vez mais constante dos consumidores (AGOSTINI-COSTA; ABREU; ROSSETI, 2003; GABAS; TELIS-ROMERO; MENEGALLI, 2003). Os primeiros atributos de qualidade verificados são as características sensoriais e a cor, um fator de aceitação averiguado antes mesmo do sabor e da textura, e é um dos critérios usados para medir o grau de qualidade de frutas e alimentos em geral (MÉNDELEZ-MARTINEZ et al., 2007).

O abacate possui apreciáveis qualidades nutricionais, sendo rico em lipídios insaturados, vitaminas e fibras. No mercado atual, têm sido valorizadas as variedades de calibres menores, como a Hass. Trata-se de um fruto climatérico e sua alta perecibilidade representa um entrave à comercialização (DAIUTO et al., 2010). A alta perecibilidade dos frutos, devido à continuidade dos processos metabólicos na fase pós-colheita, juntamente com procedimentos inadequados aplicados à colheita, assim como ao transporte e armazenamento

são os principais fatores responsáveis pelo comprometimento da qualidade (CARVALHO et al., 2001). Assim, o desenvolvimento e adoção de técnicas na pós-colheita têm sido de fundamental importância para adequar os diferentes frutos às exigências do mercado interno e externo, assim como facilitar a logística do envio de frutos a localidades mais distantes no próprio país e abastecer regularmente o mercado interno (PEROSA; PIERRE, 2002).

O armazenamento em baixas temperaturas, logo em seguida à colheita, é a técnica mais utilizada para prolongar a conservação dos frutos. A redução da temperatura faz com que as reações enzimáticas, especialmente às associadas à respiração e senescência, ocorram mais lentamente. Essa diminuição da atividade respiratória é o principal processo fisiológico pós-colheita, e propicia na sua decorrência, menores perdas de características físicas e físico-químicas, tais como aroma, sabor, textura, cor e outros atributos de qualidade dos frutos (BRON; JACOMINO; APPEZZATO-DA-GLORIA, 2002).

Entretanto, mesmo sob condições adequadas de temperatura e umidade relativa não se obtém conservação satisfatória por longo período, devido às perdas de massa, firmeza e incidência de podridões (PICANÇO, 2009). Outras técnicas têm sido estudadas para minimizar os efeitos do amadurecimento, entre elas a aplicação da radiação ionizante gama, tratamento térmico e mais recentemente radiação ultravioleta.

A radiação gama pós-colheita de frutos e hortaliças tem como principal interesse a redução ou eliminação nos danos causados por doenças ou por insetos, atuando como fungicida ou inseticida. Contudo, é também utilizada como método de conservação, prolongando o armazenamento pelo atraso do amadurecimento e do brotamento de alguns produtos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O tratamento térmico tem sido utilizado em pós-colheita para resolver o problema de contaminação de doenças fúngicas e infestação de insetos em frutos (COUEY, 1989) ou para diminuir problemas de baixas temperaturas de armazenamento (KLUGE et al., 2006).

A radiação ultravioleta (UV-C) pode prolongar o período de armazenamento dos frutos por retardar os processos de amadurecimento, suprimir a produção de etileno (LIU et al., 1993; STEVENS et al., 1998) e elicitar respostas bioquímicas no tecido do hospedeiro que são relevantes no controle das doenças (GONZALEZ-AGUILAR et al., 2001; MERCIER et al., 2001; CAPDEVILLE et al., 2002).

O presente trabalho teve por objetivo determinar a atividade antioxidante, compostos fenólicos totais e cor em abacate 'Hass' submetido a diferentes tratamentos físicos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Abacate

O abacateiro, originário do México e América Central, pertence à família *Lauraceae*, gênero *Persea*. Apresenta três raças comerciais: a Mexicana (*Persea americana* var. *drymifolia*), Antilhana (*P. americana* var. *americana*) e Guatemalteca (*P. nubigena* var. *guatemalensis*). Essa classificação é atualmente bem aceita, embora todos também podem se referir ao abacateiro apenas como *P. americana* Mill. Cultivares de abacate são em geral, híbridos entre as espécies ou raças mexicana, antilhana ou guatemalense (MARANCA, 1986).

O abacate é produzido em quase todas as regiões tropicais e subtropicais do mundo (TEIXEIRA et al., 1992), particularmente no México, América Central, partes da América do Sul, nas Índias Ocidentais, África do Sul, Israel e no Havaí; em menor extensão, na Índia, República Malgache, Reunião, Madeira, Samoa, Taiti, Argélia, Austrália, EUA (MEDINA et al., 1978). O México é o maior produtor mundial, seguido por Indonésia, Estados Unidos, Colômbia e Chile. Os maiores produtores nacionais encontram-se na região Sudeste com os estados de São Paulo e Minas Gerais (AGRIANUAL, 2010). A produção mundial desta fruta, no ano de 2007, foi de 3.363.124 toneladas, sendo que só o

México produziu 1.140.000 toneladas. A Indonésia, os Estados Unidos, a Colômbia e o Chile, também se destacaram, com produções de 250.000 toneladas, respectivamente Indonésia e Estados Unidos, 200.000 toneladas a Colômbia e 167.000 toneladas o Chile, ficando o Brasil em sexto lugar com uma produção de 165.000 toneladas (AGRIANUAL, 2010).

No Brasil, as variedades mais utilizadas no mercado interno são: Simmonds, Barbieri, Collinson, Quintal, Fortuna, Breda, Reis, Solano, Imperador, Ouro Verde e Campinas. No mercado externo e para a industrialização são mais empregadas as variedades: Tatuí, Hass e Wagner (LEONEL; SAMPAIO, 2008). As variedades Hass e Fuerte vêm sendo comercializadas no mercado nacional sob a denominação ‘Avocado’ e por serem variedades diferenciadas têm sido mais valorizadas (FRANCISCO; BAPTISTELLA, 2005).

O Brasil não se destaca como exportador de abacates, sua produção é voltada para o mercado interno (AGRIANUAL, 2010), embora tenha crescido a exportação de abacates ‘Hass’ e ‘Fuerte’ para a Europa.

As variedades existentes apresentam frutos com as mais variadas formas, tamanhos e pesos, assim como, diferentes proporções de casca, polpa e caroço (DONADIO, 1992). As variedades Hass e Fuerte são de calibres menores e mais valorizadas comercialmente, sendo exportadas com selo de certificação (DAIUTO et al., 2009). O fruto da variedade Hass é um híbrido guatemalense-mexicano, com acentuada predominância da primeira raça (DONADIO, 1995). Os frutos possuem casca grossa e rugosa, de coloração verde, chegando ao violáceo escuro, quando amadurecidos, pesam 180-300g, e tem polpa sem fibras (DONADIO, 1992).

As qualidades sensoriais, o valor nutritivo e a riqueza em vitaminas do abacate justificam plenamente a expansão de seu consumo. Comparando-se a composição média da polpa de abacate, constata-se que o mesmo apresenta um extrato seco elevado, rivalizando-se ao de oliva na riqueza em óleo; que permite classificá-lo entre as mais ricas em óleo; o teor de glicídios é fraco, sendo o abacate uma fruta lipídica. Contém vitaminas lipossolúveis que faltam, em geral, às outras frutas, sendo muito rico em vitaminas A e B, medianamente rico em vitaminas D e E e pobre em vitamina C (TEIXEIRA et al., 1992). O óleo de abacate assemelha-se muito com o óleo de oliva (importado e altamente consumido no país), por ser extraído da polpa dos frutos e pela similaridade de suas propriedades físico-químicas, principalmente pela composição de seus ácidos graxos, predominando, em ambos, o

ácido oléico (CANTO; SANTOS; TRAVAGLINI, 1980; BLEINROTH; CASTRO, 1992; SOARES; MANCINI FILHO; MODESTA, 1992; TANGO; TURATTI, 1992).

O fruto é apreciado de diferentes maneiras de acordo com hábitos alimentares de cada país. No Brasil, o fruto é consumido principalmente na forma de sobremesas, batido com leite, açúcar e suco de limão, já em outros países é na forma de saladas, sopas e molhos (DAIUTO; VIEITES, 2008).

2.2. Fisiologia pós-colheita de frutos

As alterações sofridas durante o amadurecimento dos frutos correspondem às mudanças sensoriais de sabor, odor, cor e firmeza, que torna o fruto aceitável para consumo (KOBLOITZ, 2008).

A maturação é o estágio do desenvolvimento dos frutos que compreende uma inter-relação de mudanças bioquímico-moleculares, resultando em alterações fisiológicas e fenotípicas facilmente perceptíveis, como é o caso da coloração (degradação da clorofila e/ou síntese de outros pigmentos), solubilização de pectinas (aumento da fragilidade e amolecimento dos tecidos), formação de ceras na epiderme, melhoria do sabor, pela síntese e bioconversão de carboidratos, síntese e bioconversão de ácidos orgânicos, síntese e/ou polimerização/condensação de compostos fenólicos, e da produção de substâncias voláteis (NEVES, 2009).

Na maioria dos frutos, o teor de ácidos orgânicos diminui com o amadurecimento devido à utilização desses ácidos no ciclo de Krebs, durante o processo respiratório e nas reações de síntese de novos compostos. Essas mudanças na acidez são importantes no desenvolvimento do sabor característico dos frutos (KAYS, 1991).

Mesmo após a colheita, os processos de amadurecimento e senescência continuam e mantêm suas funções vitais em plena atividade, à custa das reservas energéticas obtidas durante seu crescimento e desenvolvimento. Ou seja, os frutos continuam sofrendo alterações enzimáticas e metabólicas, acarretando modificações físicas e químicas ao produto. Essas alterações podem reduzir a qualidade, depreciar a aparência e diminuir seu valor comercial. Associados a isso, existem também as perdas quantitativas e qualitativas

ocasionadas pelo desenvolvimento de agentes patogênicos, muitas vezes inviabilizando o aproveitamento do produto (NEVES, 2009).

Durante o amadurecimento, a taxa respiratória e a produção de etileno são bastante elevadas (CHITARRA; CHITARRA, 2005) em frutos climatéricos. Esses frutos completam o amadurecimento depois de colhidos (ALVES; FILGUEIRAS; MOSCA, 1997). A respiração destaca-se como o principal fenômeno fisiológico que influencia na conservação e na qualidade das frutas climatéricas após a colheita (ROCHA; SPAGNOL, 1983). As células do tecido vegetal ficam em contato com a atmosfera rica em O₂ e tem sua atividade respiratória aumentada, fazendo com que os frutos produzam energia na forma de calor (calor vital). Quanto mais rápido o fruto respira, maior é a quantidade de calor vital gerado e mais rápido ele chegará à sua senescência (CHITARRA; CHITARRA, 2005). O aumento da respiração acelera as reações químicas e bioquímicas responsáveis pelas modificações da qualidade sensorial e nutricional, reduzindo o teor vitamínico (JACOMINO et al., 2004). O etileno acelera a deterioração e a senescência dos tecidos vegetais e promove o amadurecimento de frutas climatéricas (WATADA; ABE; YAMAUCHI, 1990).

O estágio de maturação em que os frutos são colhidos determinará a qualidade do fruto a ser oferecido ao consumidor. Os frutos colhidos verdes, além de pouca qualidade, têm alto índice de perda de água e são muito suscetíveis às desordens fisiológicas. Por outro lado, quando colhidos muito amadurecidos, entram rapidamente em senescência (MANICA et al., 2000).

O amadurecimento representa a fase final da maturação fisiológica onde se dá o início dos processos degradativos. Após o amadurecimento inicia-se a senescência, que é o período em que se verifica redução na estabilidade estrutural, as reações catabólicas (degradação) sobrepõem as anabólicas (síntese), causando envelhecimento e morte dos tecidos. Tal fase é um processo irreversível, no entanto pode ser retardada com o uso de tecnologias e/ou métodos adequados (CHITARRA ; CHITARRA, 2005).

2.2.1. Pós-colheita de Abacate

O abacate é um fruto climatérico que apresenta alta taxa respiratória e elevada produção de etileno após a colheita, o que lhe confere alta perecibilidade sob

condições ambientais (BOWER; CUTTING, 1988; KADER, 1992). Dada essa característica, o controle do amadurecimento é fundamental para o aumento da vida útil após a colheita visando ao mercado interno e à exportação de frutas (KLUGE et al., 2002b).

Essa fruta apresenta grande sensibilidade térmica, sendo a temperatura ideal de amadurecimento em torno de 20°C. O amadurecimento ocorre de forma normal, como um climatérico definido em temperaturas entre 10°C e 25°C, havendo, porém, variação no espaço de tempo necessário para que esse fenômeno ocorra. Os distúrbios são visíveis em temperaturas muito baixa (5°C) ou muito elevada (30°C) (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Gayet et al. (1995) relataram que o abacate requer no máximo 10 dias a partir da colheita para atingir seu total amadurecimento, quando mantido à temperatura ambiente.

A baixa temperatura tem sido o método de conservação mais comumente empregado na preservação pós-colheita do abacate, cujo tempo máximo de armazenamento é dependente da variedade e da temperatura utilizada (BOWER; CUTTING, 1988). Segundo Gayet et al. (1995), abacates 'Quintal' podem ser armazenados por 14 dias a 7°C e 85%-90% de umidade relativa e após esse período, a comercialização pode ser realizada durante três a quatro dias sob temperatura ambiente.

Tratamentos complementares como atmosfera modificada ou controlada e aplicações de cálcio favorecem a preservação das frutas (BOWER; CUTTING, 1988; GAYET et al., 1995; MEIR et al., 1997).

Segundo Oliveira et al. (2000), a utilização das ceras “Fruit wax” e “Sparcitrus” em abacates da variedade Fuerte foi eficiente na redução da perda de peso dos frutos, sem interferir nos teores de sólidos solúveis totais, pH e textura. A utilização da cera “Sparcitrus” na concentração mais elevada, além de mais eficiente na redução de perda de peso dos frutos, proporcionou um maior brilho aos mesmos.

Segundo Kluge et al. (2002b), abacates ‘Quintal’ foram tratados com o bloqueador da ação do etileno 1- metilciclopropeno (1- MCP) nas concentrações de 0, 30, 90 e 270 nL L⁻¹ durante 12 horas a 24°C e armazenados sob condições ambientais (24°C) durante nove dias. O 1- metilciclopropeno (1- MCP) reteve o desenvolvimento da coloração da casca e polpa e proporcionou maior firmeza de polpa e menor incidência de podridão nos frutos. Os frutos tratados com 1- MCP (270 nL L⁻¹) apresentaram menor taxa respiratória e menor produção de etileno.

Segundo Tingwa e Young (1974), abacates da variedade Fuerte tratados com cálcio (0,1 M CaSO_4 ; 0,1 M CaCl_2) tiveram a respiração diminuída. O cálcio não só inibiu a respiração, mas também atrasou o pico climatérico e o pico da produção de etileno.

2.3. Métodos de conservação pós-colheita

A redução das perdas em pós-colheita na cadeia produtiva de frutas representa um constante desafio, devendo sempre ser levado em consideração as medidas de controle que visam minimizar os danos ocasionados pelas deteriorações (SILVEIRA et al., 2005).

Manejos inadequados na colheita e na pós-colheita aceleram os processos de senescência afetando sensivelmente a qualidade e limitando ainda mais o período de comercialização (AZZOLINI; JACOMINO; BRON, 2004). O conhecimento da vida útil pós-colheita de um produto vegetal é importante para determinar o tipo de armazenamento, o transporte e o mercado que poderá atingir (RINALDI et al., 2006).

No Brasil, muito se perde da produção agrícola durante a fase pós-colheita, em função do desconhecimento de técnicas de conservação. Visando a diminuição das perdas utilizam-se algumas técnicas pós-colheita, entre as quais o tratamento com fungicidas, controle de temperatura e umidade, aplicação de ceras e outras coberturas (OLIVEIRA, 1996) e o uso de embalagens e/ou filmes plásticos (TEIXEIRA, 1992).

O principal método para a manutenção da qualidade das frutas após a colheita é a refrigeração, sendo a eficiência de controle maior quanto mais rápido se processa o resfriamento após a colheita (BARKAI-GOLAN, 2001 citado por SILVEIRA, 2005).

Outras técnicas têm sido estudadas para minimizar os efeitos do amadurecimento e das perdas, entre elas a aplicação da radiação ionizante gama, tratamento térmico e mais recentemente radiação ultravioleta.

2.3.1. Refrigeração

O fator mais importante que afeta a vida útil de vegetais é a temperatura, a qual influencia diretamente as taxas de reações químicas e enzimáticas (ROSA;

FARIA; AMANTE, 1999). Os produtos vegetais caracterizam-se por serem sensíveis a mudanças indesejáveis de temperatura e umidade relativa do ambiente onde se encontram. Algumas vezes, essas alterações podem não ser notadas de imediato, mas serão observadas ao longo da cadeia de comercialização por meio da mudança de sabor, odor, firmeza e outras características de qualidade inerentes ao produto (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A refrigeração ainda é o método mais econômico para o armazenamento prolongado de frutas e hortaliças frescas. O armazenamento refrigerado visa minimizar a intensidade do processo vital dos vegetais, da utilização de condições adequadas, que permitam redução em seu metabolismo normal, sem alterar seus processos fisiológicos (CHITARRA; CHITARRA, 2005), além de reduzir a produção e ação do etileno e retardar o crescimento dos microrganismos (BARKAI-GOLAN, 2001 citado por SILVEIRA, 2005). Temperaturas baixas de armazenamento retardam o metabolismo do vegetal por meio da diminuição de sua taxa respiratória e da redução de sua atividade enzimática (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Em síntese, a respiração consiste na decomposição oxidativa de substâncias complexas presentes nas células, como amido, açúcares e ácidos orgânicos em moléculas simples, CO_2 e H_2O , com produção de energia. Portanto, após a colheita, o fruto tem sua vida independente e usa como substrato para suas funções vitais as reservas acumuladas, durante o crescimento e amadurecimento (KLUGE et al., 2002a).

Com a redução da respiração há conseqüentemente, diminuição nas perdas de aroma, sabor, textura, cor e demais atributos de qualidade dos produtos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A temperatura adequada e o período para a conservação do abacate variam com a raça e a variedade (ZAUBERMAN; SCHIFFMAN-NADEL; YANKO, 1973).

Honório e Moretti (2002) relatam que a temperatura mínima para armazenamento desta fruta varia de 5°C a 12°C, enquanto que Chitarra e Chitarra (2005) citam que, dependendo da variedade, esta temperatura varia de 4,5°C a 13°C.

Zauberman e Yanko (1977) estudaram a resposta de abacates ‘Fuerte’, ‘Nabal’ e ‘Hass’, a diferentes temperaturas de armazenamento e relataram que frutos armazenados a 0-4°C apresentaram reduzida vida útil, limitada pela ocorrência de *chilling injury*. Entre 5°C e 8°C, os frutos não amadureciam, mas quando transferidos para ambiente a

25°C, amoleciam. Entre 10°C e 25°C, o tempo para os frutos amolecerem foi tanto maior quanto menor a temperatura de armazenamento.

Gayet et al. (1995) relataram que as temperaturas abaixo de 5°C são baixas demais para os abacates, em geral. Em testes, nos quais os frutos foram colocados a temperatura próxima de 1°C e por período curto, não houve aparentemente nenhum dano provocado pelo frio. No entanto, quando eles voltaram à temperatura ambiente em torno de 25°C, constataram-se alterações na coloração da casca, a qual adquiriu coloração acinzentada e passou a marrom, enquanto a polpa escureceu e sua textura mudou, tornando-se borrachenta. Após alguns dias, esses frutos se deterioraram por completo. O mesmo ocorreu nas temperaturas a 2°C, 4°C, 5°C e 6°C.

Este fruto apresenta dificuldades para sua conservação sob refrigeração, que ainda continua sob atenta investigação em vários países, sem resultados definitivos ou satisfatórios, pois o problema da conservação é específico para a variedade, região, período de tempo e finalidade (MARANCA, 1986).

2.3.2. Radiação gama

A irradiação desperta interesse em vários países em função das grandes perdas de alimentos, que ocorrem constantemente como consequência da infestação, contaminação e decomposição desses produtos. Também há crescente preocupação com respeito às doenças transmitidas pelos alimentos e o aumento do comércio internacional de produtos alimentícios, sujeitos às rígidas normas de exportação em matéria de qualidade e de quarentena (GRUPO CONSULTIVO INTERNACIONAL SOBRE IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS, 1991).

A irradiação é um excelente método, que pode ser utilizado como meio direto para conservação de alimentos e como complemento para reforçar a ação de outros processos aplicados com a mesma finalidade (EVANGELISTA, 2000).

O tratamento de frutas e hortaliças com irradiação visa a alterar a taxa de amadurecimento, principalmente de frutas, o brotamento de tubérculos, controle de fitopatógenos pós-colheita e a desinfestação. O seu uso apresenta alguns inconvenientes, pois, dependendo da dosagem de radiação, pode ocorrer escurecimento, amaciamento, aparecimento

de depressões superficiais, amadurecimento anormal e perda de aroma e sabor dos produtos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O uso da radiação gama como tecnologia de conservação de alimentos está basicamente ligado a três fatores: tipo de alimento a ser irradiado, dose a ser aplicada e tempo de exposição do alimento à fonte irradiadora (VIEITES, 1998).

As radiações podem ser eletromagnéticas como raios gama e raios x, ou elétrons acelerados. Os raios gama provêm da desintegração espontânea de radionuclídeos (CALORE, 2000). O tratamento envolve a exposição do produto a uma fonte de radiação, ou seja, a uma fonte de isótopos, utilizando Cobalto – 60 ou Césio – 137. O produto é exposto por um período suficiente para que ocorra absorção de uma dose requerida de raios gama ou raios x (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Somente estas duas fontes (^{60}Co ou ^{137}Cs) são consideradas para uso comercial, devido à produção de raios gama de energias adequadas, sendo que a fonte de ^{60}Co é a que tem maior aceitação por se apresentar na forma metálica e ser insolúvel em água, proporcionando maior segurança ambiental (VIEITES, 1998).

De acordo com O'Beirne (1989), as doses de irradiação são quantificadas em termos de energia absorvida pelo produto irradiado. A dose de 1 gray (Gy) corresponde à absorção de 1 joule por quilograma. As doses normalmente aplicadas aos alimentos situam-se entre 0,1 a 7,0kGy.

Frequentemente são levantados questionamentos com relação à segurança dos alimentos irradiados. Alimentos irradiados não se tornam radioativos, pois em nenhum momento entram em contato direto com a fonte radioativa (ou seja, não são contaminados). Além disso, as energias das radiações utilizadas não são suficientes para induzir radioatividade (não ativam) nos alimentos (OMS, 1989).

Germano, Arthur e Wiendel (1996) observaram que as radiações gama do Cobalto-60 na variedade Fortuna induziram um prolongamento na vida de prateleira que na testemunha era de sete dias, para 11,2 dias quando irradiados com a dose de 75 Gy e para 15,2 dias se irradiados com 100 Gy. A variedade Quintal não se mostrou sensível às radiações. A refrigeração induziu nos frutos do abacate um aumento significativo de suas vidas de prateleira, independentemente da irradiação.

Os autores verificaram que os resultados já obtidos em experimentos para incremento da vida comercial de abacates, indicam que não há uma dose ou faixa de doses uniforme que poderia ser preconizada para todas as variedades. O abacate mostrou-se como sendo uma das frutas mais sensíveis às radiações ionizantes, sendo que, para a maioria das variedades estudadas, doses acima de 100 ou 200 Gy causam severas descolorações da polpa e escurecimento da casca. Observou-se que a dose ótima varia bastante entre variedades e mesmo para abacates da mesma variedade, quando cultivados em regiões diferentes.

Estudos conduzidos na África do Sul por Brodrick e Thomas publicados em 1978, mostraram que frutos colhidos precocemente (com 11 a 15% de conteúdo de óleo), podem estar sujeitos a manchas externas e descoloração da polpa, sendo que a irradiação pode acentuar esses problemas. O melhor prolongamento da vida comercial foi obtido com frutas colhidas em época de maturação correta, enquanto que nenhum efeito benéfico foi observado em frutas colhidas tardiamente (com 23 a 25% de conteúdo de óleo). Verificaram que frutas colhidas na época correta suportaram doses de radiação duas ou três vezes maiores do que as outras, colhidas prematura ou tardiamente.

Em um estudo realizado por Kaneshiro (2001) com diferentes doses de irradiação em abacates 'Breda', os pesquisadores concluíram que as doses mais altas (0,15; 0,20 e 0,25kGy) ocasionaram distúrbios fisiológicos nos frutos e manchas pretas na casca.

De acordo com Silva (2000), a formação de peróxido de hidrogênio após a irradiação faz com que a célula bacteriana seja destruída. Uma das principais vantagens desta tecnologia é não deixar resíduos no fruto, mantendo-o inócuo para o consumo humano.

A implantação do sistema de irradiação é de alto custo, mas é um método que pode ser adotado de maneira segura em alimentos para o consumidor, além de garantir condições de sanidade e aumentar o período de armazenamento das frutas e hortaliças. A irradiação é eficaz para tratamentos em alimentos, mas há necessidade de combinar com outros métodos para garantir maior qualidade pós-colheita, como a refrigeração.

2.3.3. Tratamento Térmico

Tratamentos térmicos têm sido, em tempos recentes, utilizados como adjuvantes ao armazenamento refrigerado e podem ser realizados por imersão do produto em

água quente e/ou uso de ar quente por curtos períodos, antes da exposição do produto à baixa temperatura (FERGUSON, 2000; FALLIK, 2004).

A hidrotermia ou tratamento hidrotérmico é uma técnica cada vez mais utilizada para controle de pragas e doenças em frutos, a exemplo da eliminação de ovos e, ou larvas de mosca-das-frutas e o controle de microrganismos fitopatogênicos (LURIE, 1998). Pode ser utilizado para diminuir o metabolismo de processos ou para induzir a resistência à lesões e danos externos na casca devido à refrigeração durante o armazenamento (PAULL; CHEN, 2000) e também para a inativação enzimática, que é uma das soluções encontradas pela indústria alimentícia, sendo esse recurso utilizado principalmente na conservação do produto, em seu período de elaboração e armazenamento (LUÍZ; HIRATA; CLEMENTE, 2007).

A influência do tratamento térmico pós-colheita sobre o amadurecimento do fruto é dependente de fatores como: termo-tolerância, transferência de calor, temperatura e duração da exposição, espécie, variedade, tamanho e características morfológicas do fruto e estágio de amadurecimento (PAULL; CHEN, 2000).

A exposição dos frutos a temperaturas menores ou iguais a 40-42°C, tem demonstrado aumento da vida de prateleira com melhora na qualidade (LURIE, 1998; PAULL; CHEN, 2000).

O uso de água quente na conservação de alimentos apresenta uma série de vantagens que incluem relativa facilidade de utilização, tratamento em um curto espaço de tempo e ser livre de resíduos (LICHTER et al., 2000).

Por outro lado, o tratamento hidrotérmico pode afetar a qualidade pós-colheita dos produtos hortícolas, causando alterações nos processos do amadurecimento, como produção de etileno, respiração, amolecimento, mudanças na degradação e, ou revelação de pigmentos, além de danos à integridade da membrana plasmática e alterações em componentes do *flavor*, a exemplo de sabor, teores de sólidos solúveis, acidez e compostos voláteis (LURIE, 1998; PAULL; CHEN, 2000).

O calor pode ser aplicado às frutas e hortaliças de várias maneiras: por imersões em água quente, vapor de água, ou ar quente e seco (LURIE, 1998).

Os tratamentos térmicos são realizados antes da refrigeração, na forma de condicionamento, ou durante o armazenamento refrigerado, na forma de aquecimento

intermitente. O condicionamento térmico consiste em expor as frutas a temperaturas moderadas (15 a 25°C) ou elevadas (37 a 53°C), por curtos períodos, antes de refrigerá-los. Já o aquecimento intermitente consiste na interrupção da baixa temperatura de armazenamento, por um ou mais períodos a moderada temperatura (15 a 25°C) (KLUGE et al., 2006).

Abacates 'Hass' submetidos a um pré- tratamento em água a 38°C por 120 minutos e em seguida imersos a 50°C por 10 minutos apresentaram uma redução no escurecimento da casca após uma semana de armazenamento a 6°C. Além da redução no escurecimento, o pré- tratamento aumentou a tolerância dos frutos ao tratamento subsequente com água quente (WOOLF; LAY-YEE, 1997).

A combinação do tratamento hidrotérmico a temperaturas médias (46°C/25 min) e atmosfera modificada com embalagem em saco de polietileno demonstrou sucesso na manutenção da qualidade de pêssegos e nectarinas relativamente amadurecidos durante manuseio pós-colheita (MALAKOU; NANOS, 2005).

Abacates 'Hass' quando imersos em água a 41°C por 25 a 30 minutos ou 42°C por 25 minutos e armazenados a 1°C, melhoram a qualidade dos frutos, diminuindo o escurecimento da casca e da polpa, além dos danos causados pelo frio (HOFMAN et al., 2002).

Daiuto e Vieites (2008) observaram que o tratamento hidrotérmico utilizado a 45°C por 10 minutos foi efetivo na diminuição da atividade da polifenoloxidase na polpa dos frutos de abacate 'Hass' verdes e amadurecidos. Os frutos amadurecidos sem tratamento térmico destacaram-se por valores elevados para a atividade desta enzima, já os frutos verdes com tratamento térmico mostraram a menor atividade. A porcentagem de inativação enzimática nos frutos amadurecidos submetidos ao tratamento térmico foi de 78 a 94 %, em relação ao fruto sem o tratamento.

Nogueira e Silva (1989) observaram que o calor (70, 80 e 90°C por 2 minutos) foi considerado o melhor agente inativador do sistema enzimico responsável pelo escurecimento em banana, pêssego, maçã, cenoura, couve-flor e palmito, quando comparados com metabissulfito de potássio (0,05; 0,10 e 0,20%) e ácido ascórbico (0,10; 0,50 e 1,00%) visando determinar o método mais eficiente para controlar o escurecimento enzimico dessas frutas.

2.3.4. Radiação ultravioleta (UV-C)

Alguns processos não térmicos vêm sendo aplicados para a preservação de alimentos sem causar os efeitos adversos do uso do calor. Um desses processos é a irradiação de alimentos com luz ultravioleta de ondas curtas (UV-C), que tem sido bastante estudada por sua eficiência na inativação microbiológica em água e superfície de diversos materiais (LÓPEZ-MALO; PALOU, 2005).

O tratamento por radiação ultravioleta tem um longo e eficiente histórico no controle microbiológico do ar. Em aplicações como tratamento de bebidas e superfícies ele tem se destacado, embora para superfícies de alimentos o seu uso vise à extensão da vida útil do produto (KONINKLIJKE PHILIPS ELETRONICS, 2009).

A irradiação ultravioleta tem efeito microbiocida se for utilizada com intensidade e tempo de exposição suficiente. Fontes com comprimentos de ondas inferiores a 200 nm são ineficientes, visto que as ondas são rapidamente absorvidas pelo oxigênio e pela água. As irradiações ultravioletas na faixa de 210 e 330 nm são mais eficientes como germicidas por serem absorvidas pelas proteínas e ácidos nucleicos, provocando o rompimento de cromossomo, mutações genéticas e inativação de enzimas e, conseqüentemente, a morte da célula (CARDOSO, 2007).

O método mais prático de gerar radiação UV é pela passagem de descargas elétricas através de vapor de mercúrio a baixa pressão dentro de tubos de vidro especiais, conhecidos comercialmente como lâmpadas germicidas. Uma lâmpada germicida de 50 W, posicionada a 1m de distância de um alvo, tem uma intensidade de 100 mW/cm² (ICMSF, 1980).

Diversas pesquisas têm sido desenvolvidas nas indústrias de alimentos e bebidas com o intuito de avaliar o efeito letal (a resposta microbiológica) de UV-C e as eventuais alterações nas características sensoriais dos produtos (LÓPEZ-MALO; PALOU, 2005). Essa tendência aumenta com a demanda do consumidor que está cada vez mais preocupado com a garantia de segurança do alimento, com o mínimo de tratamento, mas que preservem suas características originais.

A luz ultravioleta na faixa de 200 a 280 nm é classificada como UV-C (LU et al., 1991). A luz UV-C foi, inicialmente, relatada com capacidade para reduzir a

incidência de podridões durante o armazenamento de cebolas e batatas e, posteriormente, foi eficaz na indução de resistência em alguns frutos, como uvas, citros, maçãs, pêssegos e pimentões (CAMILI; CIA; BENATO, 2005).

A UV-C tem a capacidade de induzir hormese em frutos. Hormese pode ser definida como o efeito benéfico gerado pela aplicação, em baixas doses, de agentes potencialmente prejudiciais a organismos vivos, com o objetivo de induzir respostas a estresses (SHAMA; ALDERSON, 2005). Quando os frutos são expostos a baixas doses de UV-C, várias mudanças são induzidas, incluindo a produção de compostos antifúngicos e o atraso no amadurecimento. A inativação direta de fungos também pode ocorrer pela exposição à UV-C. No entanto, a inativação pode ser limitada pela superfície do fruto, já que a UV tem poder de penetração extremamente limitado em sólidos (GARDNER; SHAMA, 2000). Assim, a redução de podridões pela UV-C pode ser devido ao efeito germicida e/ou à indução de resistência a patógenos (STEVENS et al., 1998).

A irradiação ultravioleta (UV-C) tem-se destacado por não deixar resíduos, exercer efeito fungicida e/ou induzir resposta de resistência em frutos (WILSON et al., 1994). O processo a seco e a frio é simples e eficaz, podendo ser considerado de baixo custo (GUERRERO-BELTRAN; BARBOSA-CÁNOVAS, 2004). A irradiação pode prolongar o período de armazenamento dos frutos por retardar os processos de amadurecimento e suprimir a produção de etileno (LIU et al., 1993; STEVENS et al., 1998).

Apesar dos efeitos positivos promovidos pela irradiação, alguns efeitos não desejáveis podem ocorrer, incluindo a descoloração da casca em tomates (LIU et al., 1993), escurecimento em morangos e mamão (MARQUENIE et al., 2002; CIA et al., 2007), aumento da suscetibilidade de pêssegos à mancha parda (STEVENS et al., 1998) e aceleração do amadurecimento e senescência em mangas (GONZALES-AGUILAR et al., 2001). A principal limitação dessa tecnologia envolve o baixo grau de penetração que dificulta o alcance da radiação por toda a carga microbiana existente no alimento (MARQUIS; BALDECK, 2007).

Uma consideração adicional no uso correto da dose UV é revelada pelo trabalho de Dhallewain et al. (2000), que mostraram que a dose de UV ótima era dependente da época da colheita dos frutos. O Grapefruit colhido antes de ser comercialmente

maduro foi mais facilmente danificado pela exposição ao UV-C do que os frutos colhidos na meia ou no fim da estação.

Lu et al. (1991), trabalhando com maçãs e pêssegos, observaram que o uso da radiação UV-C atrasou o amadurecimento dos frutos, retardando as podridões durante o armazenamento.

Lamikanra et al. (2005) trabalhando com melões Cantaloupe minimamente processados, submetidos à radiação ultravioleta, observaram que a radiação melhorou a vida de prateleira e a qualidade do produto.

Segundo Pan et al. (2004), a exposição à UV-C atrasa o amolecimento do fruto, um dos principais fatores determinantes na vida pós-colheita. Esse mesmo achado também foi comprovado por Stevens et al. (2004), no qual observaram que frutos tratados com UV-C mostraram-se significativamente mais firmes que os não tratados (controle), para o mesmo estágio de maturação.

2.4. Importância das frutas na dieta como fonte de compostos fenólicos

Uma das principais teorias que explicam o poder curativo e preventivo dos alimentos baseia-se na presença de antioxidantes. Muitos de nossos problemas de saúde devem-se à ação de formas tóxicas do oxigênio (oxidantes) responsáveis por processos de oxidação que atuam na obstrução das artérias, transformação das células em células cancerosas, ocasionam problemas nas articulações e mau funcionamento do sistema nervoso, além de estarem associadas ao envelhecimento (CARPER, 1995 citado por CARVALHO et al., 2006).

Dentre os vários alimentos considerados funcionais encontram-se as frutas, que além de serem fontes importantes de substâncias nutricionais, tem sido verificada uma grande contribuição de compostos com características funcionais presentes em sua composição. Grande destaque deve ser dado às frutas tropicais cultivadas no Brasil, o qual apresenta condições extremamente favoráveis quanto à adaptação dessas espécies. Com isso, o consumo de frutas tropicais tem aumentado ano após ano devido ao valor nutritivo e aos seus efeitos terapêuticos, apesar de existir uma grande diversidade de frutas e produtos derivados

ainda não ou pouco pesquisados em relação às suas propriedades e capacidade benéficas à saúde (antioxidante) (KUSKOSKI et al., 2006).

As frutas, reconhecidas fontes de vitaminas, minerais e fibras, são alimentos nutricionalmente importantes na dieta. No entanto, nos últimos anos, maior atenção tem sido dada a estes alimentos uma vez que evidências epidemiológicas têm demonstrado que o consumo regular de vegetais está associado à redução da mortalidade e morbidade por algumas doenças crônicas não transmissíveis. O efeito protetor exercido por estes alimentos tem sido atribuído à presença de fitoquímicos com ação antioxidante, dentre os quais se destacam os polifenóis ou compostos fenólicos (MARTINEZ-VALVERDE; PERIAGO; ROS, 2000; KAUR; KAPOOR, 2001). Os compostos fenólicos são os antioxidantes mais abundantes da dieta. Esta classe compreende uma diversidade de compostos, dentre eles flavonóides, flavinóides, ácidos fenólicos, cumarinas, taninos e lignina. Todos possuem propriedades anticarcinogênicas, anti-inflamatórias e antialérgicas (CARVALHO et al., 2006).

Os compostos fenólicos são os maiores responsáveis pela atividade antioxidante em frutos fazendo destes uma fonte natural de antioxidantes (HEIM; TAGLIAFERRO; BOBOLYA, 2002). Entretanto, o conteúdo de compostos fenólicos em alimentos vegetais depende de um número de fatores intrínsecos como gênero, espécie, variedade e extrínsecos como agrônômico, ambiental, manuseio e armazenamento (TOMÁS-BARBERÁN; ESPÍN, 2001).

2.5. Antioxidantes

Os antioxidantes podem ser definidos como quaisquer substâncias que, presentes em baixas concentrações quando comparada a um substrato oxidável, atrasam ou inibem a oxidação deste substrato de maneira eficaz (SIES; STAHL, 1995). A utilização de compostos antioxidantes encontrados na dieta ou mesmo sintéticos é um dos mecanismos de defesa contra os radicais livres que podem ser empregados nas indústrias de alimentos, cosméticos, bebidas e também na medicina (DOROSHOW, 1983; HALLIWELL et al., 1995).

As indústrias de alimentos utilizam os antioxidantes para evitar a deterioração dos produtos e manter o valor nutricional. Os antioxidantes também são de grande interesse para os bioquímicos e profissionais da saúde, pois podem ajudar na proteção

do organismo contra os danos causados pelas espécies reativas do oxigênio e doenças degenerativas (SHAHIDI, 1996).

Os antioxidantes podem ser sintéticos ou naturais e, para serem utilizados em alimentos, devem ser seguros para a saúde (DUARTE ALMEIDA et al., 2006). O crescente interesse pelos antioxidantes naturais de extratos de plantas é devido à sua baixa toxicidade em relação aos antioxidantes sintéticos. Extratos de frutas, vegetais, cereais e seus subprodutos industriais são ricos em antioxidantes, como por exemplo, ácido ascórbico, tocoferóis, carotenóides e em compostos fenólicos (WOLFE; WU; LIU, 2003; MANACH et al., 2004).

Os antioxidantes são conhecidos pela ação em diferentes níveis do processo de oxidação envolvendo moléculas de lipídeos. Podem agir diminuindo a concentração de oxigênio, interceptando o oxigênio singlete; evitando a fase de iniciação da oxidação pelo sequestro de radicais hidroxil; quelando íons metálicos; decompondo produtos primários a compostos que não são radicais (SHAHIDI, 1996). São agentes responsáveis pela inibição e redução das lesões causadas pelos radicais livres nas células (BIANCHI; ANTUNES, 1999).

A oxidação é parte fundamental da vida aeróbica e do nosso metabolismo e, assim, os radicais livres são produzidos naturalmente ou por alguma disfunção biológica (BARREIROS; DAVID; DAVID, 2006). Todos os organismos biológicos aeróbicos produzem radicais livres a partir do oxigênio triplete birradical (O_2) os quais reagem com diferentes macromoléculas biológicas, formando outros radicais livres (alcoxila= $RO\cdot$ e peroxila= $ROO\cdot$) (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Os radicais livres são espécies químicas constituídas de um átomo ou associação dos mesmos, possuindo um elétron desemparelhado na sua órbita mais externa. Essa situação implica em alta instabilidade energética e cinética, e para se manterem estáveis precisam doar ou retirar um elétron de outra molécula. A formação de radicais livres conduz ao estresse oxidativo, processo no qual estes iniciarão uma cadeia de reações, originando alterações em proteínas extracelulares e a modificações celulares. O maior dano causado pelo estresse oxidativo é a peroxidação dos ácidos graxos constituintes da dupla camada lipídica que, em última instância, leva à morte celular (HIRATA; SATO; SANTOS, 2004).

Uma das principais causas da deterioração de alimentos é a oxidação de óleos e gorduras que ocorre durante o processamento, distribuição, armazenamento e preparo final dos alimentos (KUBOW, 1993). A oxidação lipídica é responsável pelo desenvolvimento de sabores e odores desagradáveis tornando os alimentos impróprios para consumo, além de também provocar outras alterações que irão afetar não só a qualidade nutricional, devido à degradação de vitaminas lipossolúveis e de ácidos graxos essenciais, mas também a integridade e segurança dos alimentos, através da formação de compostos poliméricos potencialmente tóxicos (SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999; KUBOW, 1993).

Portanto, para retardar, inibir ou prevenir a oxidação lipídica em óleos, gorduras e alimentos gordurosos são utilizados os antioxidantes, mantendo assim os atributos de qualidade dos alimentos. Entre os antioxidantes naturais mais utilizados podem ser citados tocoferóis e ácidos fenólicos. Entre os sintéticos o BHA (butil-hidroxi-anisol), BHT (butil-hidroxi-tolueno), PG (propil galato) e TBHQ (terc- butil-hidroquinona) (RAMALHO; JORGE, 2006).

Entre os antioxidantes presentes nos vegetais, os mais ativos e frequentemente encontrados são os compostos fenólicos, tais como os flavonóides. As propriedades benéficas desses compostos podem ser atribuídas à sua capacidade de sequestrar os radicais livres (DECKER, 1997). Os compostos fenólicos mais estudados são: o ácido caféico, o ácido gálico e o ácido elágico. Esses compostos de considerável importância na dieta podem inibir o processo de peroxidação lipídica (HARTMAN; SHANKEL, 1990; HALLIWELL et al., 1995).

A busca de novos produtos com propriedades antioxidantes oriundas de fontes naturais é cada vez mais crescente. O conhecimento de substâncias com atividade antioxidante presentes nos alimentos, das quais muitas ainda não foram estudadas suficientemente, destaca-se tanto pela possibilidade de ter aproveitamento como alimentos funcionais quanto pelo fornecimento de compostos nutracêuticos (ANDRADE-WARTHA, 2007).

Quinze frutas (abacaxi, acerola, caju, goiaba, laranja cravo, laranja pêra, mamão Formosa, mamão Havaí, manga espada, manga rosa, melancia, melão espanhol, melão japonês, melão orange flesh e pinha) foram avaliadas por Melo et al. (2008) quanto a capacidade antioxidante. A maioria das frutas avaliadas pode ser classificada como boa ou

excelente fonte de antioxidantes naturais, com destaque para acerola, caju, mamão Formosa, mamão Havaí, goiaba, laranja pêra e pinha.

2.6. Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos são substâncias amplamente distribuídas no reino vegetal, em particular nas frutas e em outros vegetais. São conjuntos heterogêneos que apresentam em sua estrutura vários grupos benzênicos característicos, substituídos por grupamentos hidroxilas (HERNANDEZ; PRIETO GONZALES, 1999).

Os compostos fenólicos agem como antioxidantes não somente pela sua habilidade em doar hidrogênio ou elétrons, mas também por causa de seus radicais intermediários estáveis, que impedem a oxidação de vários ingredientes do alimento, particularmente de ácidos graxos e de óleos (CUVELIER; RICHARD; BERSET, 1992; MAILLARD et al.,1996).

Possuem estrutura variável e com isso, são multifuncionais. Existem cerca de cinco mil fenóis, dentre eles, destacam-se os flavonóides, ácidos fenólicos, fenóis simples, cumarinas, taninos, ligninas e tocoferóis (SHAHIDI; NACZK, 1995). A estrutura básica de um flavonóide e dos ácidos fenólicos pode ser observada nas figuras 1 e 2.

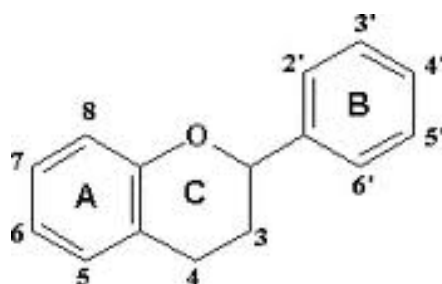
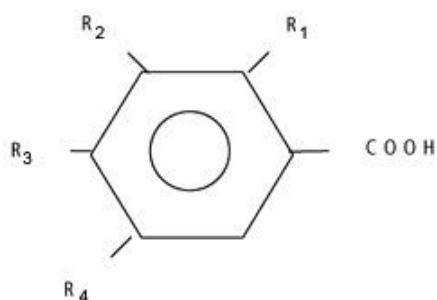


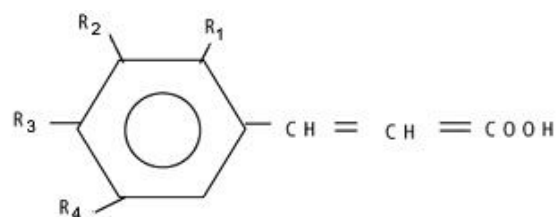
Figura 1- Estrutura química geral de um flavonóide: dois anéis aromáticos (A e B) e um anel intermediário (C).

A



$R_1 = \text{OH} \rightarrow$ Ácido Salicílico; $R_1 = R_4 = \text{OH} \rightarrow$ Ácido Gentísico; $R_3 = \text{OH} \rightarrow$ Ácido p-hidroxibenzoico; $R_2 = R_3 = \text{OH} \rightarrow$ Ácido Protocatequínico; $R_2 = \text{OCH}_3$; $R_3 = \text{OH} \rightarrow$ Ácido Vanílico; $R_2 = R_3 = R_4 = \text{OH} \rightarrow$ Ácido Gálico; $R_2 = R_4 = \text{OCH}_3$; $R_3 = \text{OH} \rightarrow$ Ácido Sirínico

B



$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = \text{H} \rightarrow$ Ácido cinâmico; $R_1 = \text{OH} \rightarrow$ Ácido o-cumárico; $R_2 = \text{OH} \rightarrow$ Ácido m-cumárico; $R_3 = \text{OH} \rightarrow$ Ácido p-cumárico; $R_2 = R_3 = \text{OH} \rightarrow$ Ácido Caféico; $R_2 = \text{OCH}_3$; $R_3 = \text{OH} \rightarrow$ Ácido Ferúlico; $R_2 = R_4 = \text{OCH}_3$; $R_3 = \text{OH} \rightarrow$ Ácido Sinápico

C

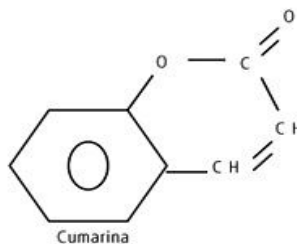
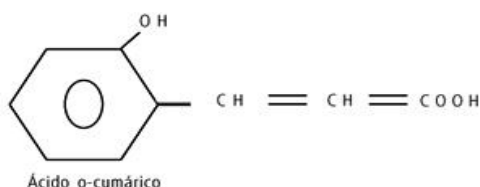


Figura 2- Estrutura dos ácidos fenólicos: (A) ácidos benzóicos; (B) ácidos cinâmicos; (C) cumarinas. Fonte: SOARES (2002)

A diversidade estrutural dos compostos fenólicos deve-se à grande variedade de combinações que acontece na natureza e os compostos resultantes são chamados de polifenóis (ANGELO; JORGE, 2007).

As frutas, principais fontes dietéticas de compostos fenólicos, em função de fatores intrínsecos (variedade, estágio de maturação) e extrínsecos (condições climáticas e edáficas) apresentam, em termos quantitativos e qualitativos, composição variada desses constituintes. Por sua vez, a eficácia da ação antioxidante depende da estrutura química e da concentração destes fitoquímicos no alimento (MELO et al., 2008).

Quanto à existência dos compostos fenólicos na natureza, esses podem ser classificados em: pouco distribuídos na natureza, polímeros e largamente distribuídos na natureza. Na família dos compostos fenólicos pouco distribuídos na natureza estão um número reduzido deles, embora estes sejam encontrados com certa frequência. Neste grupo estão os fenóis simples, o pirocatecol, a hidroquinona e o resorcinol. Alguns compostos fenólicos não se apresentam em forma livre nos tecidos vegetais, são aqueles presentes sob a forma de polímeros, na qual estão os taninos e as ligninas. Na família dos compostos largamente distribuídos na natureza estão os fenólicos encontrados geralmente em todo o reino vegetal, mas às vezes podem estar localizados em uma só planta. Estes fenólicos estão divididos em dois grandes grupos: os flavonóides e derivados e os ácidos fenólicos (ácidos benzóico, cinâmico e seus derivados) e cumarinas (SOARES, 2002).

Os compostos fenólicos são originados do metabolismo secundário das plantas (NACZK; SHAHIDI, 2004). São um grupo muito diversificado de fitoquímicos derivados de fenilalanina e tirosina. Os fenólicos, em plantas, são essenciais no crescimento e reprodução dos vegetais, além de atuarem como agente antipatogênico e contribuírem na pigmentação (SHAHIDI; NACZK, 1995). Formam-se em condições de estresse como, infecções, ferimentos, radiações ultravioleta (NACZK; SHAHIDI, 2004), condições ambientais adversas, ou por baixas temperaturas (*chilling*) e ataque de microrganismos. Essas condições podem acarretar modificações no metabolismo fenólico, por meio de oxidação de compostos preexistentes ou de aumento da síntese de monômeros ou polímeros. Os tecidos jovens são mais resistentes ao ataque de patógenos que os maduros, em decorrência do tipo e da concentração de fenólicos presentes nos tecidos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Em alimentos, são responsáveis pela cor, adstringência, aroma (PELEG et al., 1998 citado por SOARES, 2002) e estabilidade oxidativa (NACZK; SHAHIDI, 2004). Está firmemente estabelecido na literatura fitoquímica que as mudanças no sabor de muitos frutos, ocorridas durante o seu amadurecimento, estão associadas a modificações na concentração de taninos. Sabe-se que a adstringência de frutos verdes ocorre em consequência da presença de taninos de peso molecular intermediário, mas no amadurecimento a concentração destes compostos reduz-se por processos de complexação e polimerização (MENEZES; ALVES, 1995).

Já em animais e humanos tem-se observado que são capazes de reagir com radicais livres, formando radicais estáveis (GIADA; MANCINI-FILHO, 2006). No grande grupo dos compostos fenólicos, os flavonóides e os ácidos fenólicos são os que mais se destacam e, são considerados os antioxidantes fenólicos mais comuns de fontes naturais (KARAKAYA, 2004).

A atividade antioxidante destas substâncias é de interesse nutricional, uma vez que tem sido associada à potencialização de efeitos promotores da saúde humana através da prevenção de várias doenças (GIADA; MANCINI-FILHO, 2006).

2.7. Cor em alimentos

A aparência é o fator de qualidade mais importante, sendo avaliada por diferentes atributos, tais como, tamanho, forma e cor. A coloração é o atributo de qualidade mais atrativo para o consumidor, pois é associada com o amadurecimento, frescor e também ao sabor (BADENES; CALVO; LLACER, 1998).

Bierren (1963) citado por Ferreira (1981) menciona que as cores dos alimentos, determinam em grande parte o sucesso ou fracasso de vendas dos alimentos. Testes mostram que diferentes cores num mesmo alimento induzem à sensação de diferentes sabores, mesmo que diferenças reais não ocorram. Ferreira (1981) complementa a importância das cores não só na aceitação inicial, mas também na influência psicológica que exercem na degustação dos alimentos.

As cores das frutas se devem aos pigmentos naturais existentes, sendo os três tipos mais comuns nos vegetais: a clorofila, os carotenóides e as antocianinas. Uma vez que a coloração das frutas e hortaliças é resultante desses pigmentos, a variação na cor entre as variedades de uma mesma espécie é usualmente devida às diferenças nas quantidades desses pigmentos (SOUZA, 2007).

As modificações na coloração dos frutos com o amadurecimento se devem tanto a processos degradativos, como a processos sintéticos (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Inicialmente a cor muda gradualmente de verde escuro para verde claro; em seguida ocorre o surgimento de pigmentos amarelos, alaranjados e vermelhos (carotenóides e antocianinas). Estes poderiam estar presentes junto com a cor verde, sendo

revelados somente após a degradação da clorofila, ou ser sintetizados durante o amadurecimento. A perda da cor verde é resultante da quebra da estrutura da clorofila, causada principalmente pelas mudanças de pH, presença de ácidos orgânicos provenientes do vacúolo das células, presença de sistemas oxidantes e pela atividade de clorofilases (AWAD, 1993).

A mudança da cor dos frutos está associada ao amadurecimento, e representa um atributo padrão, juntamente com a firmeza, para a determinação da qualidade comestível (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Matéria prima

Foram utilizados frutos de abacate, da variedade Hass, da safra de 2009, fornecidos pela empresa Jaguacy, localizada em Bauru/SP, cujas coordenadas geográficas são: latitude 22°19'18" S, longitude 49°04'13" W e 526m de altitude, distante 90km de Botucatu: latitude de 22°52'20" S, longitude 48°26'37" W e 815m de altitude. Os frutos depois de cuidadosamente colhidos no ponto de maturação fisiológica (de acordo com o teor de óleo, 21,6%) foram imediatamente transportados para o Laboratório de Frutas e Hortaliças do Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências Agronômicas, Campus de Botucatu, SP. A seguir foram selecionados visando à homogeneização do lote quanto ao tamanho, cor e ausência de injúrias e defeitos.

3.1.1. Caracterização da matéria prima

Foi realizada a caracterização do fruto verde e amadurecido logo após a colheita quanto a acidez titulável (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2005), pH (AOAC,

1992), umidade, teor de lipídios, cinzas (minerais), proteína (nitrogênio bruto), açúcar total (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2005) e coloração. A cor foi medida em colorímetro da marca Konica Minolta (Chroma meter, CR 400/410) em faixa de comprimento de onda de 380 a 780 nm. Foram realizadas a leitura de refletância com ângulo de observação de 2° e selecionado o iluminante C. A cor foi expressa pelo sistema de coordenadas retangulares L, a* b* conforme a Comissão Internationale de Eclairage (CIE) onde L expressa em porcentagem valores de luminosidade (0% = negro e 100% = branco), a* representa as cores vermelha (+) ou verde (-) e b* as cores amarela (+) ou azul (-). A leitura foi feita na polpa dos frutos em 3 pontos diferentes .

3.2. Tratamento dos frutos

Os frutos verdes foram submetidos ao tratamento térmico, radiação gama e radiação ultravioleta (UV-C), totalizando três experimentos.

Experimento I - Tratamento térmico:

No tratamento térmico os frutos foram submetidos ao banho-maria à 45°C por diferentes períodos.

T1- 0min (testemunha)

T2- 5min

T3- 10min

T4- 15min

T5- 20min

Experimento II- Radiação gama:

A irradiação gama foi realizada no IPEN (*Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares*), localizado em São Paulo/SP. A fonte de irradiação foi ^{60}Co , em diferentes doses.

T1- 0,0 kGy (testemunha)

T2- 0,2 kGy

T3- 0,4 kGy

T4- 0,6 kGy

T5- 1,0 kGy

Experimento III - Radiação ultravioleta UV-C

A exposição à radiação com raios ultravioleta (UVC com $\lambda=250\text{nm}$) foi realizada em aparelho com luz UV (IRINOX, Refrigerador e Congelador – marca AREX, modelo: nHCM 51/20) por diferentes períodos.

T1- 0min (testemunha)

T2- 5min

T3- 10min

T4- 15min

T5- 20min

Após serem submetidos ao tratamentos térmico e às radiações gama e ultravioleta (UV-C) os frutos foram armazenados em temperatura ambiente à $21^{\circ}\text{C}\pm 1$ e $70\pm 5\%$ de UR e câmara fria à $10^{\circ}\text{C}\pm 1$ e $90\pm 5\%$ de UR.

Os frutos foram analisados quanto à capacidade antioxidante e teor de compostos fenólicos totais, após a colheita, na retirada da câmara fria e no armazenamento ambiente aos 0, 3, 9 e 12 dias. Para a análise de cor, foram analisados aos 0, 3, 6, 9, 12 e 15. Foram utilizados 3 frutos para cada tratamento por dia, totalizando 270 frutos para os três experimentos.

3.3. Atividade antioxidante e compostos fenólicos totais

3.3.1. Preparo do extrato etanólico da polpa

Foi utilizado a mistura de solventes etanol: água (80:20 v/v) para a extração, por ser um bom solvente de extração para compostos fenólicos, apresentar facilidade de manipulação e baixa toxicidade. Os extratos das frutas foram obtidos em triplicata. Pesaram-se 3,0 g da polpa do fruto em tubos tipo Falcon onde foram adicionados 30 mL da mistura etanol: água (80:20 v/v). Os tubos contendo a polpa do fruto e o solvente foram submetidos à trituração com Turrax por alguns minutos a temperatura ambiente. Em seguida, os extratos foram centrifugados a $5000\times g$ durante 15 minutos. Na sequência os extratos foram filtrados e armazenados em frascos escuros e a temperatura de 8°C , até o momento das análises, e por um período não superior a uma semana.

3.3.1.1. Atividade antioxidante pelo método DPPH

A medida da capacidade sequestrante foi determinada pelo método DPPH baseado no princípio de que o DPPH (1,1-difenil-2-picrilidrazil), sendo um radical estável de coloração violeta, aceita um elétron ou um radical hidrogênio para tornar-se uma molécula estável, sendo reduzido na presença de um antioxidante e adquirindo coloração amarela. Na forma de radical, o DPPH possui uma absorção característica a 517nm, que desaparece à medida que ele vai sendo reduzido pelo hidrogênio doado por um composto antioxidante (MENSOR et al., 2001). A mistura de reação foi constituída pela adição de 500µL dos extratos etanólico da polpa, 3,0mL de etanol 99% e 300µL do radical DPPH em solução de etanol 0,5mM e incubada por 45 minutos, em temperatura ambiente e ao abrigo da luz. A atividade anti-radical foi determinada na forma de atividade antioxidante (AA), pela equação:

$$AA (\%) = 100 - \{ [(Aa - Ab) \times 100] / Ac \}$$

Onde:

Aa = absorbância da amostra;

Ab = absorbância do branco;

Ac = absorbância do controle negativo.

O controle negativo será feito substituindo-se o volume do extrato por igual volume do solvente utilizado na extração. O branco foi preparado substituindo o volume da solução de DPPH por igual volume de solvente.

3.3.1.2. Compostos fenólicos totais

O conteúdo total de compostos fenólicos do extrato etanólico da polpa foi determinado pelo método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu (SINGLETON; ORTHOFER; LAMUELA, 1999). O reagente de Folin-Ciocalteu é uma solução complexa de íons poliméricos formados a partir de heteropolíácidos fosfomolibdicos e fosfotungsticos. Esse reagente oxida os fenolatos, reduzindo os ácidos a um complexo azul Mo-W. A leitura foi feita em espectrofotômetro a 740nm. Para a realização da análise, uma alíquota de 0,5mL do extrato etanólico foi transferida para um tubo e adicionado 2,5mL do reagente Folin

Ciocalteau, diluído em água 1:10. A mistura permaneceu em repouso por 5 minutos. Em seguida foi adicionado 2mL de carbonato de sódio 4% e os tubos deixados em repouso por 2 horas, ao abrigo da luz. A absorbância foi medida em espectrofotômetro UV-mini 1240 (Shimadzu-Co) a 740nm. Uma amostra em branco foi conduzida nas mesmas condições e os resultados dos compostos fenólicos totais foram expressos em equivalente de ácido gálico, com base em uma curva de calibração de ácido gálico com concentrações variando de 5 a 100µg/mL (Apêndice).

3.4. Cor

A coloração da polpa foi medida conforme a metodologia descrita no item 3.1.1.

3.5. Análise Estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade. Foi feita a análise de correlação dos parâmetros avaliados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização da matéria prima

A caracterização da polpa do abacate ‘Hass’ verde (dia 0) e amadurecido (dia 15) é encontrada na Tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização da polpa do abacate ‘Hass’ verde a amadurecido

Determinações	Polpa fruto verde	Polpa fruto amadurecido
Acidez (g de ácido cítrico.100g ⁻¹ de polpa)	0,50±0,05	0,94±0,28
pH	7,30±0,18	6,92±0,03
Umidade (%)	70,83±4,07	70,13±0,11
Teor de lipídios (%)	25,2±0,59	24,87±0,0
Cinzas (%)	1,74±0,53	1,63±0,19
Proteína (%)	0,24±0,03	0,21±0,03
Açúcar total (%)	1,08±0,06	1,15±0,01
L	68,04±11,3	76,89±4,9
a*	-20,70±3,72	-5,53±0,83
b*	43,51±3,73	40,38±5,06

Conforme Figueiredo (2000), a acidez total e o potencial hidrogeniônico são os principais métodos usados para medir a acidez de frutos e hortaliças. Enquanto a acidez determina o percentual de ácidos orgânicos, o pH mede a concentração hidrogeniônica da solução. Na maioria dos frutos, o teor de ácidos orgânicos diminui com o amadurecimento e o pH é concomitantemente modificado (LIMA, MÉLO, LIMA, 2002),

discordando deste trabalho no qual foi observado um aumento no teor desses compostos durante o amadurecimento do fruto. O valor de acidez encontrado para o fruto verde foi 0,50 g de ácido cítrico.100g⁻¹ de polpa e para o fruto amadurecido foi de 0,94 g de ácido cítrico.100g⁻¹ de polpa. Segundo Bleinroth e Castro (1992), o fruto possui baixa acidez, sendo menor nos frutos amadurecidos.

Os valores de pH tendem a aumentar com o amadurecimento da fruta, o decréscimo ao final do período de armazenamento é influenciado pelo decréscimo da acidez titulável (SARRIA, 2003). No entanto, como o teor da acidez titulável aumentou durante o amadurecimento, o valor de pH reduziu. O valor de pH encontrado para o fruto verde foi de 7,30 e para o fruto amadurecido foi de 6,92.

As percentagens de umidade nos frutos de abacate diminuem com o amadurecimento (BLEINROTH; CASTRO, 1992). A porcentagem de umidade encontrada foi de 70,83 para os frutos verdes e 70,13 para frutos amadurecidos.

O fruto apresenta alto teor de lipídios e baixo teor de proteínas. Os valores encontrados foram 25,2% de lipídios nos frutos verdes e 24,87% nos frutos amadurecidos. Para a proteína, foram encontrados 0,24% e 0,21% respectivamente para frutos verdes e amadurecidos.

O teor de cinzas encontrado foi de 1,74% para frutos verdes e 1,63% para frutos amadurecidos.

O teor de açúcares usualmente aumenta com o amadurecimento das frutas por meio de processos biossintéticos ou pela degradação de polissacarídeos. Os valores encontrados foram 1,08% para frutos verdes e 1,15% para os frutos amadurecidos.

Para a coloração da polpa, foi observado aumento da luminosidade dos frutos verdes para os amadurecidos, de 68,04 para 76, 89. Para o parâmetro de cor a* foi observado diminuição dos valores negativos de -20,70 para -5,53 dos frutos verdes para os amadurecidos. Para o parâmetro de cor b*, houve diminuição de 43,51 para 40,30 dos frutos verdes para os amadurecidos.

A composição química dos frutos pode variar devido a diversos fatores, dentre eles pode-se destacar a variedade, fertilidade do solo, época do ano, grau de

amadurecimento, porção do fruto, condições climáticas e nutrição da planta (BRASIL, 1993; OLIVEIRA, 1996).

4.2. Experimento I – Tratamento térmico

4.2.1. Atividade Antioxidante

Os resultados da atividade antioxidante da polpa dos frutos de abacate tratados por hidrotermia e mantidos sob refrigeração mostram que a interação não foi significativa, e não ocorreu diferença entre as médias dos frutos dos diferentes tratamentos em cada dia e nem dos dias em cada tratamento (Tabela 2).

Tabela 2 - Variação média e desvio-padrão da atividade antioxidante (%) em abacates ‘Hass’ submetidos ao tratamento térmico (45°C) e armazenados à 10°C±1 e 90±5% de UR, por 12 dias.

Tratamento	Dia		
	3	9	12
0 min	35,3±9,7	57,1±33,6	66,0±19,0
5 min	37,4±15,3	52,2±4,7	58,2±14,9
10 min	27,0±8,4	38,4±6,4	41,5±10,7
15 min	39,1±13,4	37,3±5,7	61,4±14,4
20 min	37,6±12,0	54,6±29,5	47,1±13,6

P=0,16

Observou-se que a atividade antioxidante para os frutos mantidos sob refrigeração aumentou para todos os tratamentos com o decorrer dos dias de armazenamento, com exceção dos frutos imersos por 20 minutos a 45° (T5). Os frutos deste tratamento apresentaram aumento do terceiro para o nono dia de armazenamento, havendo decréscimo para o décimo segundo dia de armazenamento. Rodriguez, Lopez e Garcia (2010) trabalhando com amora, maracujá, goiaba e mamão, observaram que a capacidade antioxidante aumentou durante o amadurecimento dos frutos.

Melo et al. (2009) estudando o efeito do tratamento térmico sobre a capacidade antioxidante em hortaliças citam que durante o tratamento térmico podem ocorrer vários eventos os quais justificam a alteração da capacidade antioxidante, podendo não alterar, aumentar ou reduzir a ação antioxidante do alimento. Na situação em que se observa aumento

da ação antioxidante no alimento, o tratamento térmico propicia a oxidação parcial do composto bioativo que exibe maior habilidade em doar o átomo de hidrogênio ao radical a partir do grupo hidroxil e/ou a estrutura aromática do polifenol apresenta maior capacidade em suportar o deslocamento do elétron desemparelhado em volta do anel. Além disso, o tratamento térmico pode favorecer a formação de novos compostos, como os produtos da reação de Maillard (redutonas), que têm ação antioxidante (NICOLI; ANESE; PARPINEL, 1999). Pelo fato da refrigeração ser o método mais eficiente no controle do amadurecimento dos frutos, esta pode ter contribuído para a manutenção da capacidade antioxidante dos frutos durante o período de armazenamento.

No terceiro dia os frutos que apresentaram maior capacidade antioxidante foram os imersos por 15 minutos enquanto que no dia 9 foram os frutos do tratamento testemunha. Para o 12º dia de armazenamento, os frutos do tratamento testemunha continuaram apresentando maior capacidade antioxidante em relação aos demais tratamentos. Verificou-se que durante os doze dias de armazenamento não ocorreu diferença significativa entre os frutos dos diferentes tratamentos em cada dia e nem dos dias em cada tratamento. Os frutos do tratamento testemunha foram os que apresentaram maior capacidade antioxidante ao longo do período de armazenamento, em média 52,8%. Em estudo por realizado por Melo et al. (2008) os extratos de frutas que exibiram percentual entre 50 e 70% e abaixo de 50% foram classificados como extratos de moderada e fraca capacidade de sequestro, respectivamente. Portanto o abacate se enquadra neste grupo.

A média da atividade antioxidante encontrada foi de 46%. Melo et al. (2008), ao avaliarem a capacidade antioxidante de frutas pelo método DPPH obtiveram atividade antioxidante inferior a 50% para manga espada e melancia. Prado (2009) ao avaliar a atividade antioxidante de frutas tropicais, pelo método DPPH, obteve atividade antioxidante de 58; 43,5 e 35,8%, respectivamente para os extratos de maracujá, melão e manga.

Para os frutos mantidos a temperatura ambiente, os resultados mostram que a interação não foi significativa, e não ocorreu diferença entre as médias dos frutos dos diferentes tratamentos em cada dia e nem dos dias em cada tratamento (Tabela 3).

Tabela 3 - Variação média e desvio-padrão da atividade antioxidante (%) em abacates ‘Hass’ submetidos ao tratamento térmico (45°C) e armazenados à 21°C±1 e 70±5% de UR, por 12 dias.

Tratamento	Dia		
	3	9	12
0 min	17,4±5,8	57,3±11,2	58,1±28,2
5 min	50,9±16,1	51,0±10,3	33,6±15,0
10 min	51,7±10,4	56,8±8,1	39,8±24,9
15 min	44,8±16,6	46,9±9,5	46,2±28,5
20 min	37,9±19,0	53,5±4,9	15,3±4,0

P=0,06

Observou-se que a atividade antioxidante para os frutos mantidos a temperatura ambiente aumentou para todos os tratamentos do terceiro para o nono dia de armazenamento. Para os frutos imersos por 5, 10 e 20 minutos a 45° (T2, T3 e T5) houve decréscimo da capacidade antioxidante do nono dia para o 12°, concordando com Moreira (2009) que ao avaliar a capacidade antioxidante de melões Cantaloupe minimamente processado observou diminuição da atividade antioxidante com o decorrer dos dias de armazenamento.

Kaur e Kapoor (2001) concluíram que os compostos antioxidantes de ocorrência natural podem ser significativamente perdidos como consequência de processamento e armazenamento afetando, dessa forma, a capacidade antioxidante do alimento. No caso do tratamento térmico, a redução da ação antioxidante pode ocorrer quando este promove a destruição do composto bioativo e/ou a formação de novos compostos com ação pró-oxidante (NICOLI; ANESE; PARPINEL, 1999).

Para os frutos imersos por 15 minutos (T4), a atividade manteve-se inalterada, havendo acréscimo no tratamento testemunha (T1).

No terceiro dia os frutos que apresentaram maior capacidade antioxidante foram os frutos imersos por 10 minutos (T3), enquanto que no dia 9 foram os frutos do tratamento testemunha (T1). Para o 12° dia de armazenamento, os frutos do tratamento testemunha continuaram apresentando maior capacidade antioxidante em relação aos demais tratamentos. Verificou-se que durante os doze dias de armazenamento não ocorreu diferença significativa entre os frutos dos diferentes tratamentos em cada dia e nem dos dias em cada tratamento. Os frutos imersos por 10 minutos (T3) foram os que apresentaram maior

capacidade antioxidante ao longo do período de armazenamento, em média 49,4%. A média da atividade antioxidante encontrada foi de 47,8%, a mesma encontrada para os frutos mantidos sob refrigeração.

4.2.2. Compostos fenólicos totais

Os resultados do teor de compostos fenólicos totais da polpa dos frutos de abacate tratados por hidrotermia e mantidos sob refrigeração mostram que a interação foi significativa, e ocorreu diferença entre as médias dos frutos dos diferentes tratamentos em cada dia (Tabela 4).

Tabela 4 - Variação média e desvio-padrão do teor de compostos fenólicos totais (mg ácido gálico.100g⁻¹ polpa) em abacates ‘Hass’ submetidos ao tratamento térmico (45°C) e armazenados à 10°C±1 e 90±5% de UR, por 12 dias.

Tratamento	Dia		
	3	9	12
0 min	46,3A±9,7	57,9A±5,7	40,3A±5,4
5 min	34,2A±0,9	39,8B±1,9	50,2A±7,3
10 min	34,6A±6,5	40,1AB±2,5	44,7A±3,2
15 min	41,5A±3,3	37,3B±3,1	40,6A±2,4
20 min	33,1A±5,0	48,3AB±7,8	47,3A±9,2

P<0,001

Letras maiúsculas comparam médias de tratamento para cada dia

Médias seguidas de pelo menos 1 letra em comum não diferem estatisticamente

Com relação às médias dos frutos nos tratamentos dentro dos dias de análise, observou-se diferença estatística significativa no dia 9 de armazenamento, sendo que os frutos do tratamento testemunha (T1) apresentaram valores superiores aos demais tratamentos, diferindo estatisticamente dos frutos imersos por 5 minutos (T2) e 15 minutos (T4), os quais apresentaram teores menores de compostos fenólicos. Para o terceiro e 12º dia não houve diferença significativa entre as médias dos frutos nos tratamentos.

Para os dias de armazenamento em cada tratamento, não foi observada diferença significativa.

A composição dos compostos fenólicos em frutas pode ser modificada pelo ambiente e fatores pós-colheita, incluindo armazenamento e processamento. O

processamento e armazenamento prolongados promovem oxidação enzimática e química dos compostos fenólicos, contribuindo para a sua redução (KAUR; KAPOOR, 2001). Muitos estudos têm mostrado que os compostos fenólicos geralmente diminuem em frutos climatérios, como tomates, bananas, mangas e goiabas durante o amadurecimento (HAARD; CHISM, 1996; LAKSHMINARAYANA; SUBHADRA; SUBRAMANYAM, 1970; MITRA; BALDWIN, 1997; SELVARAJ; KUMAR, 1989), o mesmo foi observado nesse estudo para os frutos do tratamento testemunha (T1) e para os frutos imersos por 20 minutos (T5). Para esses frutos houve acréscimo no teor dos compostos fenólicos do terceiro para o nono dia, havendo decréscimo até o 12º dia de armazenamento. Antunes, Gonçalves e Trevisan (2006) trabalhando com amora-preta em ambiente refrigerado, observaram que houve aumento nos teores de compostos fenólicos até o nono dia de armazenamento, havendo posteriormente pequeno decréscimo até o décimo segundo dia. Torres (2008) trabalhando com atemóias, armazenadas a 8°C, observou que os frutos apresentaram grande evolução no conteúdo de fenólicos totais até o 9º dia de armazenamento, os quais decaíram consideravelmente ao 12º dia para aumentar novamente até o 18º dia.

Para os frutos imersos por 5 minutos (T2) e 10 minutos (T3), os compostos fenólicos aumentaram durante todo o período de armazenamento, o mesmo ocorreu com os frutos de atemóia submetidos ao tratamento térmico e armazenados a 8°C, onde teores elevados destes compostos foram registrados no 12º dia (TORRES, 2008). Segundo o autor, este fato pode estar relacionado com o tratamento térmico antes do armazenamento.

Para os frutos imersos por 15 minutos (T4), ocorreu decréscimo do terceiro para o nono dia havendo acréscimo no teor dos compostos para o 12º dia de armazenamento. Torres (2008) observou que os frutos de atemóia armazenados a 15°C apresentaram queda dos compostos fenólicos após o 3º dia, havendo aumento destes compostos apenas no 12º dia de armazenamento. Os frutos tratados termicamente e armazenados a 15°C também apresentaram queda após o 3º dia e novo aumento no 15º dia, quando estes já não se encontravam aptos ao consumo.

Nos dias 3 e 9, os frutos que apresentaram maior teor de compostos fenólicos foram os frutos do tratamento testemunha (T1), enquanto que no dia 12 foram os frutos imersos por 5 minutos (T2). Os frutos do tratamento testemunha (T1) foram os que apresentaram maior teor de compostos fenólicos ao longo do período de armazenamento, em

média 48,2 mg ácido gálico.100g⁻¹ polpa. A média do teor de compostos fenólicos encontrada foi de 42,5 mg ácido gálico.100g⁻¹ polpa.

Para os frutos mantidos a temperatura ambiente, os resultados mostram que a interação foi significativa, e ocorreu diferença entre as médias dos dias em cada tratamento (Tabela 5).

Tabela 5 - Variação média e desvio-padrão do teor de compostos fenólicos totais (mg ácido gálico.100g⁻¹ polpa) em abacates 'Hass' submetidos ao tratamento térmico (45°C) e armazenados à 21°C±1 e 70±5% de UR, por 12 dias.

Tratamento	Dia		
	3	9	12
0 min	42,1a±6,2	53,1a±5,3	56,2a±18,1
5 min	33,1b±4,5	54,0ab±2,0	62,1a±13,8
10 min	35,0b±1,9	52,3ab±8,4	60,5a±1,9
15 min	41,3a±8,8	49,1a±3,3	44,6a±7,2
20 min	40,7a±5,0	60,5a±1,2	52,5a±12,3

P=0,01

Letras minúsculas comparam médias de dia para cada tratamento

Médias seguidas de pelo menos 1 letra em comum não diferem estatisticamente

Com relação às médias dos frutos nos tratamentos dentro dos dias de análise, não foi observada diferença significativa.

Para os dias de armazenamento em cada tratamento, observou-se diferença estatística significativa do terceiro para o 12º dia de armazenamento para os frutos imersos por 5 e 10 minutos (T2 e T3). Os teores de compostos fenólicos nestes tratamentos mantiveram-se no nono dia, não havendo diferença significativa, aumentando no 12º, diferindo dos demais tratamentos onde não houve diferença significativa durante o período de armazenamento.

A composição fenólica dos frutos é determinada por fatores genéticos e ambientais, mas pode ser modificada por reações oxidativas que ocorrem durante a pós-colheita, resultado do processamento e/ou estocagem (TOMÁZ-BARBERÁN; ESPÍN, 2001), fato observado neste trabalho no qual os compostos fenólicos dos frutos imersos por 15 e 20 minutos (T4 e T5) aumentaram do terceiro para o nono dia, decaindo no 12º dia de armazenamento. Antunes, Gonçalves e Trevisan (2006) trabalhando com amora-preta em temperatura ambiente, observaram que houve incremento nos teores de compostos fenólicos

totais até o sexto dia, decrescendo a partir daí até o décimo segundo dia. A redução dos compostos fenólicos nos frutos pode ser devido ao processo de complexação e polimerização dos taninos, que ocorrem durante o amadurecimento dos frutos.

Para os frutos do tratamento testemunha, imersos por 5 e 10 minutos (T1, T2 e T3) os compostos fenólicos aumentaram durante todo o período de armazenamento. Torres (2008) trabalhando com atemóia a temperatura ambiente observou que os frutos apresentaram aumento significativo no conteúdo de fenólicos totais no 3º dia de armazenamento, o qual foi progressivo até o 6º dia.

Pelo fato dos frutos estarem mantidos a temperatura ambiente, este aumento inicial da concentração de compostos fenólicos totais poderia estar associado à perda de massa das frutas, concentrando estas substâncias (ANTUNES; GONÇALVES; TREVISAN, 2006).

No terceiro dia os frutos que apresentaram maior teor de compostos fenólicos foram os frutos do tratamento testemunha (T1), enquanto que no dia 9 foram os frutos imersos por 20 minutos (T5). Para o 12º dia de armazenamento, foram os frutos imersos por 5 minutos (T2). Os frutos imersos por 20 minutos (T5) foram os que apresentaram maior teor de compostos fenólico ao longo do período de armazenamento, em média 51,2 mg ácido gálico.100g⁻¹ polpa.

A média do teor de compostos fenólicos encontrada foi de 49,2 mg ácido gálico.100g⁻¹ polpa, valor superior quando comparado aos frutos mantidos sob refrigeração.

4.2.3. Cor

Os resultados de cor da polpa, referentes ao L, dos frutos de abacate tratados por hidrotermia e mantidos sob refrigeração mostram que a interação foi significativa, e ocorreu diferença entre as médias dos frutos nos dias de armazenamento (Tabela 6).

Tabela 6 - Variação média e desvio-padrão da luminosidade (L) em abacates ‘Hass’ submetidos ao tratamento térmico (45°C) e armazenados à 10°C±1 e 90±5% de UR, por 15 dias.

Tratamento	Dia						Média
	0	3	6	9	12	15	
5 min	68,0±11,3	83,9±1,4	85,2±0,9	81,3±2,0	85,6±0,7	83,8±2,9	81,3±7,5
10 min	68,0±11,3	86,5±1,9	85,1±2,0	82,1±0,9	85,2±2,8	82,5±2,7	81,6±7,7
15 min	68,0±11,3	84,1±0,3	87,1±1,5	81,5±2,8	85,7±1,5	87,8±2,6	82,4±8,1
20 min	68,0±11,3	86,8±0,9	84,9±1,4	83,7±1,8	83,8±3,4	84,4±1,9	81,9±7,7
Média	68,0±9,6	85,3a±1,8	85,6a±1,6	82,1a±1,9	85,1a±2,2	84,7a±3,0	

Houve somente efeito de dia ($p < 0,001$)

Letras minúsculas comparam médias gerais de dia

Médias seguidas de pelo menos 1 letra em comum não diferem estatisticamente

Com relação às médias dos frutos nos tratamentos não foi observada diferença significativa. Para as médias dos dias de armazenamento foi observada diferença estatística significativa no dia 0. No primeiro dia de análise os frutos apresentaram menor luminosidade (L) quando comparada aos demais dias de armazenamento.

Para as médias dos frutos nos tratamentos dentro dos dias de análise, verificou-se que no terceiro e nono dia de armazenamento, os frutos imersos por 20 minutos (T4) apresentaram as maiores médias de luminosidade. Para o 6º, 12º e 15º dia de armazenamento foram os frutos imersos por 15 minutos (T3).

Pela média dos tratamentos, os frutos imersos por 15 minutos (T3) apresentaram maiores médias de luminosidade.

Para as médias dos dias de armazenamento dos frutos dentro dos tratamentos, observou-se que para os frutos imersos por 5 minutos (T1), os armazenados no 12º dia apresentaram as maiores médias de luminosidade. Para os imersos por 10 minutos (T2), foram os armazenados no dia 3. Já os imersos por 15 minutos, no 15º dia apresentaram maiores médias de luminosidade enquanto que para os imersos por 20 minutos (T4) foram os frutos do 3º dia de armazenamento.

Observou-se em todos os tratamentos que a polpa dos frutos apresentou elevada luminosidade durante todo o período de armazenamento, concordando com Donadon (2009), que trabalhando com abacate ‘Hass’, durante 21 dias, observou que luminosidade da polpa dos frutos mantidos a 5°C e a 10°C manteve-se em 82,76 e 80,88, respectivamente.

Os resultados de cor da polpa, referentes ao parâmetro de cor a^* , dos frutos de abacate tratado por hidrotermia e mantidos sob refrigeração mostram que a interação foi significativa, e ocorreu diferença entre as médias dos frutos nos dias de armazenamento (Tabela 7).

Tabela 7 - Variação média e desvio-padrão do parâmetro de cor a^* em abacates ‘Hass’ submetidos ao tratamento térmico (45°C) e armazenados à $10^{\circ}\text{C}\pm 1$ e $90\pm 5\%$ de UR, por 15 dias.

Tratamento	Dia						Média
	0	3	6	9	12	15	
5 min	-20,7 $\pm$ 3,7	-9,8 $\pm$ 2,9	-8,1 $\pm$ 2,0	-7,8 $\pm$ 1,6	-6,2 $\pm$ 0,2	-6,3 $\pm$ 1,9	-9,8 $\pm$ 5,5
10 min	-20,7 $\pm$ 3,7	-8,6 $\pm$ 1,1	-7,0 $\pm$ 2,9	-8,1 $\pm$ 3,2	-7,8 $\pm$ 2,6	-6,7 $\pm$ 0,8	-9,8 $\pm$ 5,5
15 min	-20,7 $\pm$ 3,7	-8,5 $\pm$ 2,5	-6,5 $\pm$ 1,3	-10,3 $\pm$ 1,0	-8,9 $\pm$ 1,9	-6,9 $\pm$ 2,7	-10,3 $\pm$ 5,3
20 min	-20,7 $\pm$ 3,7	-9,3 $\pm$ 1,3	-7,8 $\pm$ 2,2	-10,2 $\pm$ 3,2	-5,8 $\pm$ 1,3	-5,7 $\pm$ 3,2	-9,9 $\pm$ 5,7
Média	-20,7 $\pm$ 3,2	-9,0 $\pm$ 1,9	-7,4 $\pm$ 2,0	-9,1 $\pm$ 2,4	-7,2 $\pm$ 2,0	-6,4 $\pm$ 2,0	

Houve somente efeito de dia ($p < 0,001$)

Letras minúsculas comparam médias gerais de dia

Médias seguidas de pelo menos 1 letra em comum não diferem estatisticamente

Com relação às médias dos frutos nos tratamentos não foi observada diferença significativa. Para as médias dos dias de armazenamento foi observada diferença estatística significativa no dia 0. No primeiro dia de análise os frutos apresentaram maior valor negativo do parâmetro de cor a^* quando comparado aos demais dias de armazenamento, indicando a coloração verde da polpa.

Para as médias dos frutos nos tratamentos dentro dos dias de análise, verificou-se que no terceiro e sexto dia de armazenamento, os frutos imersos por 15 minutos (T3) apresentaram as maiores médias do parâmetro de cor a^* , enquanto que no 9º dia de armazenamento foram os frutos imersos por 5 minutos (T1). Para o 12º e 15º dia de armazenamento, os frutos imersos por 20 minutos (T4) apresentaram maiores médias. Pela média dos tratamentos, os frutos imersos por 5 e 10 minutos (T1 e T2) apresentaram as maiores médias do parâmetro de cor a^* .

Para as médias dos dias de armazenamento dos frutos dentro dos tratamentos, observou-se que para os frutos imersos por 5 minutos (T1), os armazenados no 12º dia apresentaram as maiores médias do parâmetro de cor a^* . Para os imersos por 10 e 20

minutos (T2), foram os armazenados no dia 15. Já para os imersos por 15 minutos (T3), os frutos do 6º dia apresentaram as maiores médias.

Com o decorrer dos dias de armazenamento observou-se nos frutos de todos os tratamentos diminuição dos valores negativos de a^* , indicando diminuição da intensidade de cor verde.

Os resultados de cor da polpa, referentes ao parâmetro de cor b^* , dos frutos de abacate tratado por hidrotermia e mantidos sob refrigeração mostram que a interação foi significativa, e ocorreu diferença entre as médias dos frutos nos dias de armazenamento (Tabela 8).

Tabela 8 - Variação média e desvio-padrão do parâmetro de cor b^* em abacates 'Hass' submetidos ao tratamento térmico (45°C) e armazenados à 10°C±1 e 90±5% de UR, por 15 dias.

Tratamento	Dia						Média
	0	3	6	9	12	15	
5 min	43,5±3,7	42,0±1,9	39,0±5,0	38,5±4,5	42,2±0,7	39,2±2,5	40,8±3,5
10 min	43,5±3,7	41,4±1,7	41,6±4,6	41,2±2,0	38,8±1,1	35,4±2,4	40,3±3,6
15 min	43,5±3,7	43,3±1,0	42,0±1,1	37,4±2,2	39,8±0,6	34,7±6,3	40,1±4,3
20 min	43,5±3,7	40,7±1,9	39,9±3,1	41,3±4,1	40,0±3,5	36,7±3,5	40,4±3,5
Média	43,5a±3,2	41,8ab±1,7	40,6abc±3,5	39,6bc±3,4	40,2abc±2,1	36,5c±3,9	

Houve somente efeito de dia ($p < 0,001$)

Letras minúsculas comparam médias gerais de dia

Médias seguidas de pelo menos 1 letra em comum não diferem estatisticamente

Com relação às médias dos frutos nos tratamentos não foi observada diferença significativa. Para as médias dos dias de armazenamento foi observada diferença estatística significativa. No primeiro dia de análise, os frutos apresentaram maior valor do parâmetro de cor b^* , indicando coloração amarela da polpa, diferindo estatisticamente dos dias 9 e 15, os quais apresentaram o menor valor.

Para as médias dos frutos nos tratamentos dentro dos dias de análise, verificou-se que no terceiro e no sexto dia de armazenamento, os frutos imersos por 15 minutos (T3) apresentaram as maiores médias do parâmetro de cor b^* . Para o 9º dia de armazenamento, foram os frutos imersos por 20 minutos (T4), enquanto que no 12º e 15º dia de armazenamento foram os frutos imersos por 5 minutos (T1).

Pela média dos tratamentos, os frutos imersos por 5 minutos (T1) apresentaram as maiores médias do parâmetro de cor b*.

Para as médias dos dias de armazenamento dos frutos dentro dos tratamentos, observou-se que para todos os tratamentos, as maiores médias do parâmetro de cor b* foram no primeiro dia de análise.

Com o decorrer dos dias de armazenamento observou-se em todos os tratamentos diminuição dos valores de b*, indicando diminuição da intensidade de cor amarela.

Os resultados de cor da polpa, referentes ao L, dos frutos de abacate tratados por hidrotermia e mantidos a temperatura ambiente mostram que a interação foi significativa, e ocorreu diferença entre as médias dos frutos nos dias de armazenamento (Tabela 9).

Tabela 9 - Variação média e desvio-padrão da luminosidade (L) em abacates 'Hass' submetidos ao tratamento térmico (45°C) e armazenados à 21°C±1 e 70±5% de UR, por 15 dias.

Tratamento	Dia						Média
	0	3	6	9	12	15	
5 min	68,0±11,3	85,1±1,9	84,0±1,5	83,3±1,7	78,9±2,5	80,3±6,1	79,9±7,5
10 min	68,0±11,3	87,4±1,2	85,8±1,4	82,8±3,8	79,6±8,2	72,1±17,6	79,3±10,7
15 min	68,0±11,3	85,6±3,0	83,7±0,8	81,4±1,5	79,4±3,0	75,6±6,4	79,0±7,6
20 min	68,0±11,3	85,0±1,5	82,3±1,4	74,5±4,3	83,1±4,4	77,4±0,8	78,4±7,5
Média	68,0c±9,6	85,8a±2,0	83,9ab±1,7	80,5ab±4,5	80,3ab±4,6	76,4bc±9,0	

Houve somente efeito de dia (p<0,001)

Letras minúsculas comparam médias gerais de dia

Médias seguidas de pelo menos 1 letra em comum não diferem estatisticamente

Com relação às médias dos frutos nos tratamentos não foi observada diferença significativa. Para as médias dos dias de armazenamento foi observada diferença estatística significativa nos dias 0 e 15. No primeiro dia de análise e no dia 15, os frutos apresentaram menor luminosidade (L) quando comparada aos demais dias de armazenamento.

Para as médias dos frutos nos tratamentos dentro dos dias de análise, verificou-se que no terceiro e sexto dia de armazenamento, os frutos imersos por 10 minutos (T2) apresentaram as maiores médias de luminosidade. Para o 9º dia de armazenamento foram os frutos imersos por 5 minutos (T1), enquanto que no 12º dia de armazenamento foram os

frutos imersos por 20 minutos (T4). Para o 15º dia de armazenamento, os frutos imersos por 5 minutos (T1) apresentaram as maiores médias. Pela média dos tratamentos, os frutos imersos por 5 minutos (T1) apresentaram as maiores médias de luminosidade.

Para as médias dos dias de armazenamento dos frutos dentro dos tratamentos, observou-se que para todos os tratamentos, as maiores médias de luminosidade foram no terceiro dia de análise.

Observou-se nos frutos em todos os tratamentos diminuição da luminosidade durante todo o período de armazenamento, concordando com Donadon (2009), que trabalhando com abacate ‘Hass’, durante 21 dias, observou que para os frutos da testemunha, a luminosidade da polpa dos frutos diminuiu durante o armazenamento ao ambiente, (79,15), indicando escurecimento da polpa dos frutos. Chitarra e Chitarra (2005) relatam que este escurecimento ocorre devido à oxidação enzimática de fenóis, que são transformados em ortoquinonas, que se polimerizam formando melaninas, responsáveis pela coloração escura dos tecidos, como verificado neste trabalho.

Os resultados de cor da polpa, referentes ao parâmetro de cor a^* , dos frutos de abacate tratado por hidrotermia e mantidos a temperatura ambiente mostram que a interação foi significativa, e ocorreu diferença entre as médias dos frutos nos dias de armazenamento (Tabela 10).

Tabela 10 - Variação média e desvio-padrão do parâmetro de cor a^* em abacates ‘Hass’ submetidos ao tratamento térmico (45°C) e armazenados à 21°C±1 e 70±5% de UR, por 15 dias.

Tratamento	Dia						Média
	0	3	6	9	12	15	
5 min	-20,7±3,7	-10,0±2,7	-8,2±4,2	-7,3±1,4	-5,4±2,8	-2,5±1,6	-9,0±6,4
10 min	-20,7±3,7	-8,0±1,7	-5,3±0,4	-9,8±1,1	-4,5±4,3	-5,3±1,4	-8,9±6,1
15 min	-20,7±3,7	-9,2±1,6	-6,3±1,5	-9,8±1,3	-3,2±3,7	-3,8±3,5	-8,8±6,5
20 min	-20,7±3,7	-10,3±0,9	-7,4±1,8	-2,9±2,6	-4,8±1,4	-3,9±0,4	-8,3±6,5
Média	-20,7d±3,2	-9,4c±1,8	-6,8abc±2,4	-7,5bc±3,3	-4,5ab±2,9	-3,9a±2,0	

Houve somente efeito de dia ($p < 0,001$)

Letras minúsculas comparam médias gerais de dia

Médias seguidas de pelo menos 1 letra em comum não diferem estatisticamente

Com relação às médias dos frutos nos tratamentos não foi observada diferença significativa. Para as médias dos dias de armazenamento foi observada diferença

estatística significativa nos dias 0, 3 e 9. No primeiro dia de análise, os frutos apresentaram maior valor negativo do parâmetro de cor a^* diferindo dos demais dias. No dia 3 os frutos apresentaram maior valor negativo quando comparado aos dias 12 e 15. No dia 9 os frutos apresentaram maior valor negativo quando comparado ao dia 15.

Para as médias dos frutos nos tratamentos dentro dos dias de análise, verificou-se que no terceiro e sexto dia de armazenamento, os frutos imersos por 10 minutos (T2) apresentaram as maiores médias do parâmetro de cor a^* . Para o 9º dia de armazenamento, foram os frutos imersos por 20 minutos (T4), enquanto que no 12º dia de armazenamento foram os frutos imersos por 15 minutos (T3). Para o 15º dia de armazenamento, os frutos imersos por 5 minutos (T1) apresentaram as maiores médias do parâmetro de cor a^* .

Pela média dos tratamentos, os frutos imersos por 20 minutos (T4) apresentaram as maiores médias do parâmetro de cor a^* .

Para as médias dos dias de armazenamento dos frutos dentro dos tratamentos, observou-se que para os frutos imersos por 5 minutos (T1), os armazenados no 15º dia apresentaram as maiores médias do parâmetro de cor a^* . Para os frutos imersos por 10 e 15 minutos (T2 e T3) foram os armazenados no dia 12, enquanto que para os frutos imersos por 20 minutos (T4) foram os frutos do 9º dia de armazenamento.

Com o decorrer dos dias de armazenamento observou-se nos frutos de todos os tratamentos diminuição dos valores negativos de a^* , indicando diminuição da intensidade de cor verde.

Os resultados de cor da polpa, referentes ao parâmetro de cor b^* , dos frutos de abacate tratado por hidrotermia e mantidos a temperatura ambiente mostram que a interação foi significativa, e ocorreu diferença entre as médias dos frutos dos diferentes tratamentos em cada dia e dos dias em cada tratamento (Tabela 11).

Tabela 11 - Variação média e desvio-padrão do parâmetro de cor b^* em abacates ‘Hass’ submetidos ao tratamento térmico (45°C) e armazenados à $21^{\circ}\text{C}\pm 1$ e $70\pm 5\%$ de UR, por 15 dias.

Tratamento	Dia						Média
	0	3	6	9	12	15	
5 min	43,5aA $\pm$ 3,7	39,8aA $\pm$ 3,0	38,9aA $\pm$ 3,4	37,6aA $\pm$ 3,7	37,0aA $\pm$ 2,1	36,4aAB $\pm$ 3,2	38,9 $\pm$ 3,7
10 min	43,5aA $\pm$ 3,7	38,2aA $\pm$ 0,9	42,1aA $\pm$ 2,1	40,2aA $\pm$ 2,1	38,1aA $\pm$ 3,7	27,8bB $\pm$ 10,8	38,3 $\pm$ 6,8
15 min	43,5aA $\pm$ 3,7	40,3aA $\pm$ 1,3	43,4aA $\pm$ 3,8	39,1aA $\pm$ 1,5	37,2aA $\pm$ 3,7	40,5aA $\pm$ 5,6	40,7 $\pm$ 3,8
20 min	43,5aA $\pm$ 3,7	39,2abA $\pm$ 2,4	45,3aA $\pm$ 2,2	34,2bA $\pm$ 1,4	39,5abA $\pm$ 2,3	43,2abA $\pm$ 5,4	40,8 $\pm$ 4,6
Média	43,5 $\pm$ 3,2	39,4 $\pm$ 2,0	42,4 $\pm$ 3,5	37,8 $\pm$ 3,1	38,0 $\pm$ 2,8	37,0 $\pm$ 8,4	

Houve efeito da interação tempo x dia ($p=0,02$)

Letras minúsculas comparam médias de dia em cada tempo

Letras maiúsculas comparam médias de tempo em cada dia

Médias seguidas de pelo menos 1 letra em comum não diferem estatisticamente

Com relação aos frutos dos diferentes tratamentos e aos dias de armazenamento foi observada diferença estatística significativa. No último dia de análise observou-se que os frutos imersos por 10 minutos (T2) diferiram estatisticamente dos frutos imersos por 15 e 20 minutos (T3 e T4), os quais apresentaram maior valor do parâmetro de cor b^* . Para os dias de armazenamento observou-se que para os frutos imersos por 10 minutos (T2) houve diferença estatística no dia 15, o qual apresentou menor valor de b^* . Para os frutos imersos por 20 minutos (T4), houve diferença do dia 9 com os dias 0 e 6, os quais apresentaram maior valor do parâmetro de cor b^* .

Para as médias dos frutos nos tratamentos dentro dos dias de análise, verificou-se que no terceiro dia de armazenamento, os frutos imersos por 15 minutos (T3) apresentaram as maiores médias do parâmetro de cor b^* . Para o 6º, 12º e 15º dia de armazenamento, foram os frutos imersos por 20 minutos (T4), enquanto que no 9º dia de armazenamento foram os frutos imersos por 10 minutos (T2).

Para as médias dos dias de armazenamento dos frutos dentro dos tratamentos, observou-se que para todos os tratamentos, as maiores médias do parâmetro de cor b^* foram no primeiro dia de análise, com exceção dos frutos imersos por 20 minutos (T4), o qual apresentou o maior valor no sexto dia.

Com o decorrer dos dias de armazenamento observou-se nos frutos de todos os tratamentos diminuição dos valores de b^* , indicando diminuição da intensidade de cor amarela.

4.2.4. Análise de correlação

Observou-se correlações fracas e moderadas para os parâmetros avaliados (Tabela 12) quanto à atividade antioxidante, fenóis, L, a* e b*.

Tabela 12 - Correlações lineares para atividade antioxidante (AA), fenóis, L, a* e b*.

	AA	Fenóis	L	a*	b*
AA		0,2582	0,1918	0,1646	- ,3423
Fenóis			- ,2447	0,3827	- ,4391
L				0,2305	0,1739
a*					- ,5441
b*					

Não houve correlação entre a atividade antioxidante e os compostos fenólicos dos frutos durante o período de armazenamento. Pode-se inferir que a atividade antioxidante nos frutos não foi devida aos compostos fenólicos.

Os resultados mostram que não houve influência da atividade antioxidante ou dos compostos fenólicos sobre a coloração dos frutos. Já entre os parâmetros de cor observou-se pequena correlação. À medida que diminuem os valores negativos de a*, diminuem os valores de b*, indicando o amarelecimento da polpa, conforme já demonstrado nas tabelas 7, 8, 10 e 11.

4.3. Experimento II – Radiação gama

4.3.1. Atividade Antioxidante

Os resultados da atividade antioxidante da polpa dos frutos de abacate submetidos à radiação gama e mantidos sob refrigeração mostram que a interação não foi significativa, e não ocorreu diferença entre as médias dos frutos dos diferentes tratamentos em cada dia e nem dos dias em cada tratamento (Tabela 13).

Tabela 13 - Variação média e desvio-padrão da atividade antioxidante (%) em abacates ‘Hass’ submetidos à radiação gama e armazenados à $10^{\circ}\text{C}\pm 1$ e $90\pm 5\%$ de UR, por 12 dias.

Tratamento	Dia		
	3	9	12
0,0 kGy	53,7 $\pm$ 9,2	56,9 $\pm$ 12,1	58,9 $\pm$ 11,8
0,2 kGy	37,3 $\pm$ 5,6	39,7 $\pm$ 12,7	52,8 $\pm$ 14,2
0,4 kGy	58,4 $\pm$ 10,6	27,9 $\pm$ 9,2	41,8 $\pm$ 5,9
0,6 kGy	33,6 $\pm$ 18,0	52,0 $\pm$ 34,2	48,8 $\pm$ 37,9
1,0 kGy	40,0 $\pm$ 21,5	54,1 $\pm$ 30,5	25,5 $\pm$ 5,4

P=0,45

Observou-se que a atividade antioxidante para os frutos mantidos sob refrigeração aumentou para os frutos testemunha e para a dose 0,2kGy (T1 e T2) com o decorrer dos dias de armazenamento, concordando com Rodriguez, Lopez e Garcia (2010), onde trabalhando com amora, maracujá, goiaba e mamão, observaram que a capacidade antioxidante aumentou durante o amadurecimento dos frutos.

Para as doses 0,6 e 1,0kGy (T4 e T5) houve acréscimo do terceiro para o nono dia, havendo decréscimo para o décimo segundo dia, ocorrendo o inverso para a dose 0,4kGy (T3), no qual a atividade antioxidante diminuiu do terceiro para o nono dia e aumentou para o 12º.

Segundo Evangelista (2000) a irradiação é um excelente método, que pode ser utilizado como meio direto para conservação de alimentos e como complemento para reforçar a ação de outros processos aplicados com a mesma finalidade, como o verificado neste trabalho para os frutos irradiados com a dose 0,2kGy e mantidos sob refrigeração, no qual foi observada manutenção da capacidade antioxidante durante o período de armazenamento. Para os frutos sem tratamento foi observada manutenção da capacidade antioxidante, devido à refrigeração.

No terceiro dia, os frutos que apresentaram maior capacidade antioxidante foram os frutos irradiados com a dose 0,4kGy (T3), enquanto que no dia 9 foram os da testemunha (T1). Para o 12º dia de armazenamento os frutos testemunha continuaram apresentando maior capacidade antioxidante em relação aos demais tratamentos. Verificou-se que durante os doze dias de armazenamento não ocorreu diferença significativa entre os frutos dos diferentes tratamentos em cada dia e nem entre os dias em cada tratamento. Os frutos do

tratamento testemunha foram os que apresentaram maior capacidade antioxidante ao longo ao longo do período de armazenamento, em média 56,5%.

A média da atividade antioxidante encontrada foi de 46%, a mesma encontrada para os frutos submetidos ao tratamento térmico, nas duas condições de armazenamento.

Para os frutos mantidos a temperatura ambiente os resultados mostram que a interação não foi significativa, e não ocorreu diferença entre as médias dos frutos dos diferentes tratamentos em cada dia e nem dos dias em cada tratamento (Tabela 14).

Tabela 14 - Variação média e desvio-padrão da atividade antioxidante (%) em abacates ‘Hass’ submetidos à radiação gama e armazenados à $21^{\circ}\text{C}\pm 1$ e $70\pm 5\%$ de UR, por 12 dias.

Tratamento	Dia		
	3	9	12
0,0 kGy	57,1 $\pm$ 4,8	53,9 $\pm$ 6,6	61,8 $\pm$ 22,2
0,2 kGy	30,6 $\pm$ 4,5	55,2 $\pm$ 3,0	61,4 $\pm$ 39,3
0,4 kGy	46,6 $\pm$ 6,4	35,8 $\pm$ 6,5	47,4 $\pm$ 0,0
0,6 kGy	36,4 $\pm$ 4,2	25,0 $\pm$ 12,4	-
1,0 kGy	44,9 $\pm$ 16,0	21,3 $\pm$ 7,3	66,1 $\pm$ 32,5

P=0,06

Observou-se que a atividade antioxidante para os frutos mantidos a temperatura ambiente aumentou para a dose 0,2kGy (T2) com o decorrer dos dias de armazenamento. Para os frutos do tratamento testemunha e para as doses 0,4 e 1,0kGy (T1, T3 e T5), houve decréscimo do terceiro para o nono dia, havendo acréscimo do nono para o 12º dia de armazenamento. Para a dose 0,6kGy (T4), houve um decréscimo da atividade antioxidante do terceiro para o nono dia, ocorrendo a senescência dos frutos após esse período. Santos (2008), trabalhando com pequi irradiados, observou que a capacidade antioxidante dos frutos diminuiu proporcionalmente ao aumento da dose aplicada, sendo que as doses de 0,6 e 1,0kGy esta redução foi de 5,26 e 11,52% respectivamente.

Rodriguez, Lopez e Garcia (2010) trabalhando com amora, maracujá, goiaba e mamão, observaram que a capacidade antioxidante aumentou durante o amadurecimento dos frutos, o mesmo ocorreu para todas as doses de irradiação com exceção da 0,6kGy, onde houve senescência dos frutos após o nono dia de armazenamento.

No terceiro dia os frutos que apresentaram maior capacidade antioxidante foram os frutos do tratamento testemunha (T1), enquanto que no dia 9 foram os frutos irradiados com a dose 0,2kGy (T2). Para o 12º dia de armazenamento, os frutos irradiados com a dose 1,0kGy (T5) apresentaram maior capacidade antioxidante em relação aos demais tratamentos.

Verificou-se que durante os doze dias de armazenamento não ocorreu diferença significativa entre os frutos dos diferentes tratamentos em cada dia e nem entre os dias em cada tratamento. Os frutos do tratamento testemunha foram os que apresentaram maior capacidade antioxidante ao longo do período de armazenamento, em média 57,6%. A média da atividade antioxidante encontrada foi de 46%, a mesma encontrada para os frutos submetidos ao tratamento térmico, nas duas condições de armazenamento e para os frutos irradiados mantidos sob refrigeração.

4.3.2. Compostos fenólicos totais

Os resultados do teor de compostos fenólicos totais da polpa dos frutos de abacate submetidos à radiação gama e mantidos sob refrigeração mostram que a interação foi significativa, e ocorreu diferença entre as médias dos frutos dos diferentes tratamentos no dia (Tabela 15).

Tabela 15 - Variação média e desvio-padrão do teor de compostos fenólicos totais (mg ácido gálico.100g⁻¹ polpa) em abacates ‘Hass’ submetidos à radiação gama e armazenados à 10°C±1 e 90±5% de UR, por 12 dias.

Tratamento	Dia		
	3	9	12
0,0 kGy	53,9A±17,7	48,8A±3,9	56,7AB±2,0
0,2 kGy	54,6A±9,3	44,4A±10,6	40,6B±9,8
0,4 kGy	46,5A±2,9	41,0A±2,8	43,0AB±1,9
0,6 kGy	60,2A±14,7	53,3A±4,6	45,8AB±8,3
1,0 kGy	42,9A±6,8	52,2A±12,0	67,2A±2,1

P=0,028

Letras maiúsculas comparam médias de tratamento para cada dia

Médias seguidas de pelo menos 1 letra em comum não diferem estatisticamente

Com relação às médias dos frutos nos tratamentos dentro dos dias de análise, observou-se diferença estatística significativa no 12º dia de armazenamento. Os frutos irradiados com a dose 1,0kGy (T5) apresentaram maior teor de compostos fenólicos diferindo estatisticamente da dose 0,2kGy (T2) os quais apresentaram menor teor. Para o terceiro e o nono dia não houve diferença significativa entre os frutos dos diferentes tratamentos.

Para os dias de armazenamento dos frutos em cada tratamento, não foi observada diferença significativa.

A composição dos compostos fenólicos em frutas pode ser modificada pelo ambiente e fatores pós-colheita, incluindo armazenamento e processamento. O processamento e armazenamento prolongados promovem oxidação enzimática e química dos compostos fenólicos, contribuindo para a sua redução (KAUR; KAPOOR, 2001). Muitos estudos têm mostrado que os compostos fenólicos geralmente diminuem em frutos climatérios, como tomates, bananas, mangas e goiabas durante o amadurecimento (HAARD; CHISM, 1996; LAKSHMINARAYANA; SUBHADRA; SUBRAMANYAM, 1970; MITRA; BALDWIN, 1997; SELVARAJ; KUMAR, 1989). Para os frutos submetidos à radiação nas doses 0,2 e 0,6kGy, houve redução destes compostos ao longo do período de armazenamento.

Para os frutos do tratamento testemunha e para a dose 0,4kGy (T1 e T3) houve decréscimo no teor dos compostos fenólicos do terceiro para o nono dia, havendo acréscimo para o 12º dia de armazenamento. Torres (2008) observou que os frutos de atemóia armazenados a 15°C apresentaram queda dos compostos fenólicos após o 3º dia, havendo aumento destes compostos apenas no 12º dia de armazenamento.

Para os frutos irradiados com a dose 1,0kGy (T5) houve acréscimo ao longo do período de armazenamento, concordando com Rodriguez, Lopez e Garcia (2010) que trabalhando com amora, maracujá, goiaba e mamão, relataram que os compostos fenólicos aumentaram durante o amadurecimento dos frutos e com Lima, Melo e Lima (2002) que trabalhando com pitangas, em dois estádios de amadurecimento do fruto, verificaram que os frutos amadurecidos apresentaram maiores teores de compostos fenólicos quando comparados aos frutos no início do amadurecimento.

Nos dias 3 e 9, os frutos que apresentaram maior teor de compostos fenólicos foram os frutos irradiados com a dose 0,6kGy, enquanto que no dia 12 foram os frutos irradiados com 1,0kGy. Os frutos irradiados com a dose 1,0kGy foram os que

apresentaram maior teor de compostos fenólicos ao longo do período de armazenamento, em média 54,1 mg ácido gálico.100g⁻¹ polpa. A média do teor de compostos fenólicos encontrada foi de 50 mg ácido gálico.100g⁻¹ polpa, a mesma encontrada para os frutos submetidos ao tratamento térmico mantidos a temperatura ambiente.

Para os frutos mantidos a temperatura ambiente os resultados mostram que a interação não foi significativa, e não ocorreu diferença entre as médias dos frutos dos diferentes tratamentos em cada dia e nem dos dias em cada tratamento (Tabela 16).

Tabela 16 - Variação média e desvio-padrão do teor de compostos fenólicos totais (mg ácido gálico.100g⁻¹ polpa) em abacates 'Hass' submetidos à radiação gama e armazenados à 21°C±1 e 70±5% de UR, por 12 dias.

Tratamento	Dia		
	3	9	12
0,0 kGy	46,4±12,1	48,4±8,5	50,2±10,5
0,2 kGy	58,6±2,8	44,2±9,0	63,2±12,8
0,4 kGy	56,3±18,6	48,2±5,9	48,8±0,0
0,6 kGy	41,0±1,9	39,9±10,0	-
1,0 kGy	43,9±13,5	39,6±5,4	54,1±13,1

P=0,19

Observou-se que o teor de compostos fenólicos para os frutos mantidos a temperatura ambiente aumentou para o tratamento testemunha (T1) com o decorrer dos dias de armazenamento. Torres (2008) trabalhando com atemóia a temperatura ambiente observou que os frutos apresentaram aumento significativo no conteúdo de compostos fenólicos totais no 3º dia de armazenamento, o qual foi progressivo até o 6º dia. Rodriguez, Lopez e Garcia (2010) trabalhando com amora, maracujá, goiaba e mamão, observaram que os compostos fenólicos aumentaram durante o amadurecimento dos frutos. Lima, Mélo e Lima (2002) trabalhando com pitangas, em dois estádios de amadurecimento do fruto, verificaram que os frutos amadurecidos apresentaram maiores teores de compostos fenólicos quando comparados aos frutos no início do amadurecimento. Morgado (2009) trabalhando com goiaba, em temperatura ambiente, observou que para as variedades Kumagai e Pedro Sato houve aumento nos teores de compostos fenólicos totais durante o armazenamento.

Pelo fato dos frutos estarem mantidos a temperatura ambiente, este aumento inicial da concentração de compostos fenólicos totais poderia estar associado à perda

de massa das frutas, concentrando estas substâncias (ANTUNES; GONÇALVES; TREVISAN, 2006), o que pode ter acontecido neste trabalho.

Para os frutos irradiados com as doses 0,2 e 1,0kGy (T2 e T5), houve decréscimo do terceiro para o nono dia, havendo acréscimo do nono para o 12º dia de armazenamento. Para os frutos irradiados com as doses 0,4 e 0,6kGy (T3 e T4) houve decréscimo do terceiro para o nono dia, mantendo-se inalterada no 12º dia para a dose 0,4kGy (T3) e ocorrendo a senescência dos frutos para a dose 0,6kGy (T4).

No terceiro dia os frutos que apresentaram maior teor de compostos fenólicos foram os frutos irradiados com a dose 0,2kGy (T2), enquanto que no dia 9 foram os frutos do tratamento testemunha (T1). Para o 12º dia de armazenamento, os frutos irradiados com a dose 0,2kGy (T2) apresentaram maior teor de compostos fenólicos em relação aos demais tratamentos. Verificou-se que durante os doze dias de armazenamento não ocorreu diferença significativa entre os frutos dos diferentes tratamentos em cada dia e nem entre os dias em cada tratamento.

Os frutos irradiados com a dose 0,2kGy foram os que apresentaram maior teor de compostos fenólicos ao longo do período de armazenamento, em média 55,3 mg ácido gálico.100g⁻¹ polpa. A média do teor de compostos fenólicos encontrada foi de 48,2 mg ácido gálico.100g⁻¹ polpa, a mesma encontrada para os frutos refrigerados e para os frutos submetidos ao tratamento térmico mantidos a temperatura ambiente.

4.3.3. Cor

Os resultados de cor da polpa, referentes ao L, dos frutos de abacate submetidos à radiação gama e mantidos sob refrigeração mostram que a interação foi significativa e ocorreu diferença entre as médias dos frutos nos dias de armazenamento (Tabela 17).

Tabela 17 - Variação média e desvio-padrão da luminosidade (L) em abacates ‘Hass’ submetidos à radiação gama e armazenados à $10^{\circ}\text{C}\pm 1$ e $90\pm 5\%$ de UR, por 15 dias.

Tratamento	Dia						Média
	0	3	6	9	12	15	
0,2 kGy	68,0 $\pm$ 11,3	86,7 $\pm$ 1,1	84,8 $\pm$ 2,7	81,7 $\pm$ 4,8	86,3 $\pm$ 2,0	78,8 $\pm$ 7,0	81,1 $\pm$ 8,3
0,4 kGy	68,0 $\pm$ 11,3	84,2 $\pm$ 2,8	83,7 $\pm$ 3,9	80,0 $\pm$ 2,2	80,9 $\pm$ 5,5	79,3 $\pm$ 2,7	79,3 $\pm$ 7,3
0,6 kGy	68,0 $\pm$ 11,3	87,5 $\pm$ 0,6	84,1 $\pm$ 3,5	74,0 $\pm$ 2,8	70,1 $\pm$ 7,7	74,7 $\pm$ 7,1	76,4 $\pm$ 9,1
1,0 kGy	68,0 $\pm$ 11,3	86,7 $\pm$ 1,4	83,0 $\pm$ 5,2	76,1 $\pm$ 6,7	76,9 $\pm$ 2,3	66,1 $\pm$ 5,5	76,1 $\pm$ 9,2
Média	68,0 $\pm$ 9,6	86,3 $\pm$ 1,9	83,9 $\pm$ 3,4	77,9 $\pm$ 5,0	78,6 $\pm$ 7,5	74,7 $\pm$ 7,4	

Houve somente efeito de dia ($p < 0,001$)

Letras minúsculas comparam médias gerais de dia

Médias seguidas de pelo menos 1 letra em comum não diferem estatisticamente

Com relação às médias dos frutos nos tratamentos não foi observada diferença significativa. Para as médias dos dias de armazenamento foi observada diferença estatística significativa nos dias 0 e 3. No primeiro dia de análise e no dia 3 os frutos apresentaram menor e maior luminosidade (L), respectivamente, quando comparada aos demais dias de armazenamento.

Para as médias dos frutos nos tratamentos dentro dos dias de análise, verificou-se que no terceiro dia de armazenamento, os frutos irradiados com a dose 0,6kGy (T3) apresentaram as maiores médias de luminosidade. Para o 6º, 9º e 12º dia foram os frutos da dose 0,2kGy (T1), enquanto que no 15º dia de armazenamento foram os frutos da dose 0,4kGy (T2). Pela média dos tratamentos, os frutos irradiados com a dose 0,2kGy (T1) apresentaram as maiores médias de luminosidade.

Para as médias dos dias de armazenamento dos frutos dentro dos tratamentos, observou-se que para todos os tratamentos a luminosidade foi maior no terceiro dia de armazenamento.

Com o decorrer dos dias de armazenamento observou-se nos frutos de todos os tratamentos diminuição da luminosidade, indicando escurecimento da polpa dos frutos.

Os resultados de cor da polpa, referentes ao parâmetro de cor a^* , dos frutos de abacate submetidos à radiação gama e mantidos sob refrigeração mostram que a interação foi significativa, e ocorreu diferença entre as médias dos frutos dos diferentes tratamentos em cada dia e dos dias em cada tratamento (Tabela 18).

Tabela 18 - Variação média e desvio-padrão do parâmetro de cor a^* em abacates ‘Hass’ submetidos à radiação gama e armazenados à $10^{\circ}\text{C}\pm 1$ e $90\pm 5\%$ de UR, por 15 dias.

Tratamento	Dia						Média
	0	3	6	9	12	15	
0,2 kGy	-20,7 $\pm$ 3,7	-10,4 $\pm$ 0,8	-11,9 $\pm$ 2,6	-12,2 $\pm$ 0,4	-8,7 $\pm$ 3,3	-5,8 $\pm$ 2,0	-11,6B $\pm$ 5,2
0,4 kGy	-20,7 $\pm$ 3,7	-11,8 $\pm$ 1,2	-12,7 $\pm$ 4,1	-13,0 $\pm$ 3,0	-7,1 $\pm$ 3,8	-5,6 $\pm$ 3,1	-11,8B $\pm$ 5,7
0,6 kGy	-20,7 $\pm$ 3,7	-11,1 $\pm$ 1,5	-7,9 $\pm$ 3,4	-7,2 $\pm$ 3,2	-3,4 $\pm$ 1,2	-3,1 $\pm$ 3,2	-8,9A $\pm$ 6,6
1,0 kGy	-20,7 $\pm$ 3,7	-10,2 $\pm$ 1,3	-9,6 $\pm$ 2,7	-6,8 $\pm$ 3,5	-3,1 $\pm$ 0,6	1,8 $\pm$ 2,5	-8,1A $\pm$ 7,5
Média	-20,7c $\pm$ 3,2	-10,9b $\pm$ 1,2	-10,5b $\pm$ 3,4	-9,8b $\pm$ 3,8	-5,6a $\pm$ 3,4	-3,2a $\pm$ 3,9	

Houve efeito de dia($p<0,001$) e de tempo($p<0,001$)

Letras minúsculas comparam médias gerais de dia

Letras maiúsculas comparam médias gerais de tempo

Médias seguidas de pelo menos 1 letra em comum não diferem estatisticamente

Com relação às médias dos frutos nos tratamentos e dos dias de armazenamento foi observada diferença estatística significativa. Para as médias dos tratamentos observou-se que os frutos irradiados com as doses 0,2 e 0,4kGy (T1 e T2) diferiram dos irradiados com as doses 0,6 e 0,1kGy (T3 e T4), os quais apresentaram maior valor negativo do parâmetro de cor a^* . Para as médias dos dias de armazenamento observou-se que no primeiro dia de análise, os frutos apresentaram maior valor negativo do parâmetro de cor a^* quando comparado aos demais dias. Nos dias 3, 6 e 9, os frutos apresentaram maior valor negativo do parâmetro de cor a^* quando comparado aos dias 12 e 15, os quais apresentaram menor valor.

Para as médias dos frutos nos tratamentos dentro dos dias de análise, verificou-se que no terceiro dia de armazenamento, os frutos irradiados com a dose 1,0kGy (T4) apresentaram as maiores médias do parâmetro de cor a^* . Para o 6º dia de armazenamento foram os frutos da dose 0,6 (T3), enquanto que no 9º, 12º e 15º foram os frutos da dose 1,0kGy (T4).

Pela média dos tratamentos, os frutos irradiados com a dose 1,0kGy (T4) apresentaram as maiores médias do parâmetro de cor a^* .

Para as médias dos dias de armazenamento dos frutos dentro dos tratamentos observou-se que para todos os tratamentos os frutos armazenados no 15º dia apresentaram as maiores médias do parâmetro de cor a^* .

Com o decorrer dos dias de armazenamento observou-se em todos os frutos dos diferentes tratamentos diminuição dos valores negativos de a^* , indicando diminuição da intensidade de cor verde.

Os resultados de cor da polpa, referentes ao parâmetro de cor b^* , dos frutos de abacate submetidos à radiação gama e mantidos sob refrigeração mostram que a interação foi significativa, e ocorreu diferença entre as médias dos frutos nos dias de armazenamento (Tabela 19).

Tabela 19 - Variação média e desvio-padrão do parâmetro de cor b^* em abacates 'Hass' submetidos à radiação gama e armazenados à $10^{\circ}\text{C}\pm 1$ e $90\pm 5\%$ de UR, por 15 dias.

Tratamento	Dia						Média
	0	3	6	9	12	15	
0,2 kGy	43,5 $\pm$ 3,7	41,1 $\pm$ 3,2	39,3 $\pm$ 4,1	39,3 $\pm$ 1,8	36,1 $\pm$ 3,5	34,3 $\pm$ 2,9	38,9 $\pm$ 4,2
0,4 kGy	43,5 $\pm$ 3,7	39,9 $\pm$ 2,5	38,5 $\pm$ 4,4	39,5 $\pm$ 2,6	36,5 $\pm$ 1,9	34,6 $\pm$ 7,8	38,7 $\pm$ 4,6
0,6 kGy	43,5 $\pm$ 3,7	39,2 $\pm$ 1,8	38,0 $\pm$ 4,1	33,8 $\pm$ 3,3	31,5 $\pm$ 1,7	33,1 $\pm$ 3,7	36,5 $\pm$ 5,0
1,0 kGy	43,5 $\pm$ 3,7	43,3 $\pm$ 3,3	36,5 $\pm$ 3,3	34,1 $\pm$ 1,7	31,9 $\pm$ 2,7	31,5 $\pm$ 1,8	36,8 $\pm$ 5,6
Média	43,5a $\pm$ 3,2	40,9b $\pm$ 2,9	38,1c $\pm$ 3,6	36,7cd $\pm$ 3,5	34,0cd $\pm$ 3,3	33,4d $\pm$ 4,2	

Houve somente efeito de dia ($p < 0,001$)

Letras minúsculas comparam médias gerais de dia

Médias seguidas de pelo menos 1 letra em comum não diferem estatisticamente

Com relação às médias dos frutos nos tratamentos não foi observada diferença significativa. Para as médias dos dias de armazenamento foi observada diferença estatística significativa.

No primeiro dia de análise e no dia 3 os frutos apresentaram maiores valores do parâmetro de cor b^* diferindo estatisticamente dos demais dias. No 15º dia o valor parâmetro de cor b^* foi menor quando comparado aos demais dias de armazenamento.

Para as médias dos frutos nos diferentes tratamentos dentro dos dias de análise, verificou-se que no terceiro dia de armazenamento, os frutos irradiados com a dose 0,1kGy (T4) apresentaram as maiores médias do parâmetro de cor b^* . Para o 6º dia de armazenamento foram os frutos da dose 0,2kGy (T1), enquanto que no 9º, 12º e 15º dia foram os frutos da dose 0,4kGy (T2).

Pela média dos tratamentos, os frutos irradiados com a dose 0,2kGy (T1) apresentaram as maiores médias do parâmetro de cor b^* .

Para as médias dos dias de armazenamento dos frutos dentro dos tratamentos, observou-se que para todos os tratamentos, as maiores médias do parâmetro de cor b^* foram no primeiro dia de análise.

Com o decorrer dos dias de armazenamento observou-se em todos os frutos dos diferentes tratamentos diminuição dos valores de b^* , indicando diminuição da intensidade de cor amarela.

Os resultados de cor da polpa, referentes ao L, dos frutos de abacate submetidos à radiação gama e mantidos a temperatura ambiente mostram que a interação foi significativa, e ocorreu diferença entre as médias dos frutos nos dias de armazenamento (Tabela 20).

Tabela 20 - Variação média e desvio-padrão da luminosidade (L) em abacates ‘Hass’ submetidos à radiação gama e armazenados à $21^{\circ}\text{C}\pm 1$ e $70\pm 5\%$ de UR, por 15 dias.

Tratamento	Dia						Média
	0	3	6	9	12	15	
0,2 kGy	68,0 $\pm$ 11,3	83,8 $\pm$ 4,7	84,0 $\pm$ 2,8	74,1 $\pm$ 10,6	70,5 $\pm$ 15,0	57,1 $\pm$ 10,1	72,9 $\pm$ 12,7
0,4 kGy	68,0 $\pm$ 11,3	79,8 $\pm$ 5,3	74,8 $\pm$ 2,8	72,8 $\pm$ 9,6	54,4 $\pm$ 10,5	52,5 $\pm$ 26,7	67,1 $\pm$ 15,4
0,6 kGy	68,0 $\pm$ 11,3	85,2 $\pm$ 3,5	85,2 $\pm$ 2,6	74,8 $\pm$ 9,3	38,2 $\pm$ 9,2	40,3 $\pm$ 9,9	65,3 $\pm$ 21,1
1,0 kGy	68,0 $\pm$ 11,3	85,0 $\pm$ 1,8	79,7 $\pm$ 10,0	70,5 $\pm$ 12,8	54,5 $\pm$ 5,9	37,8 $\pm$ 15,0	65,9 $\pm$ 18,5
Média	68,0 $\pm$ 9,6	83,4 $\pm$ 4,1	80,9 $\pm$ 6,4	73,0 $\pm$ 9,2	54,4 $\pm$ 15,0	46,9 $\pm$ 16,7	

Houve efeito de dia ($p < 0,001$)

Letras minúsculas comparam médias gerais de dia

Médias seguidas de pelo menos 1 letra em comum não diferem estatisticamente

Com relação às médias dos frutos nos tratamentos não foi observada diferença significativa. Para as médias dos dias de armazenamento foi observada diferença estatística significativa.

No terceiro dia os frutos apresentaram maior luminosidade (L), mas não diferiu dos dias 6 e 9. No dia 15 os frutos apresentaram menor valor de luminosidade, não diferindo do 12º dia, mas diferindo dos demais dias.

Para as médias dos frutos nos tratamentos dentro dos dias de análise, verificou-se que no 3º, 6º e 9º dia de armazenamento, os frutos irradiados com a dose 0,6kGy (T3) apresentaram as maiores médias de luminosidade. Para o 12º e 15º dia foram os frutos da dose 0,2kGy (T1).

Pela média dos tratamentos, os frutos irradiados com a dose 0,2kGy (T1) apresentaram as maiores médias de luminosidade.

Para as médias dos dias de armazenamento dos frutos dentro dos tratamentos, observou-se que para as doses 0,4; 0,6 e 1,0kGy (T2, T3 e T4) a luminosidade foi maior no terceiro dia de armazenamento, enquanto que para a dose 0,2kGy (T1) foi no 6º dia.

Observou-se nos frutos de todos os tratamentos diminuição da luminosidade durante todo o período de armazenamento, concordando com Donadon (2009), que trabalhando com abacate ‘Hass’, durante 21 dias, observou que para os frutos da testemunha, a luminosidade da polpa dos frutos diminuiu durante o armazenamento ao ambiente, (79,15), indicando escurecimento dos frutos.

Os resultados de cor da polpa, referentes ao parâmetro de cor a^* , dos frutos de abacate submetidos à radiação gama e mantidos a temperatura ambiente mostram que a interação foi significativa, e ocorreu diferença entre as médias dos dias de armazenamento (Tabela 21).

Tabela 21 - Variação média e desvio-padrão do parâmetro de cor a^* em abacates ‘Hass’ submetidos à radiação gama e armazenados à $21^{\circ}\text{C}\pm 1$ e $70\pm 5\%$ de UR, por 15 dias.

Tratamento	Dia						Média
	0	3	6	9	12	15	
0,2 kGy	-20,7 $\pm$ 3,7	-13,6 $\pm$ 2,3	-9,3 $\pm$ 1,8	-4,4 $\pm$ 5,9	0,7 $\pm$ 6,4	-1,5 $\pm$ 5,0	-8,1 $\pm$ 8,5
0,4 kGy	-20,7 $\pm$ 3,7	-9,3 $\pm$ 3,4	-4,8 $\pm$ 4,1	-6,9 $\pm$ 5,1	0,8 $\pm$ 6,2	-0,5 $\pm$ 1,6	-6,9 $\pm$ 8,1
0,6 kGy	-20,7 $\pm$ 3,7	-9,6 $\pm$ 2,7	-8,7 $\pm$ 2,3	-6,5 $\pm$ 4,6	0,0 $\pm$ 1,1	1,7 $\pm$ 1,7	-7,3 $\pm$ 7,9
1,0 kGy	-20,7 $\pm$ 3,7	-13,5 $\pm$ 1,8	-6,9 $\pm$ 6,1	-3,2 $\pm$ 7,9	4,0 $\pm$ 2,4	3,5 $\pm$ 3,8	-6,2 $\pm$ 10,0
Média	-20,7 $\pm$ 3,2	-11,5 $\pm$ 3,1	-7,4 $\pm$ 3,8	-5,2 $\pm$ 5,4	1,4 $\pm$ 4,3	0,8 $\pm$ 3,5	

Houve efeito de dia ($p < 0,001$)

Letras minúsculas comparam médias gerais de dia

Médias seguidas de pelo menos 1 letra em comum não diferem estatisticamente

Com relação às médias dos frutos nos tratamentos não foi observada diferença significativa. Para as médias dos dias de armazenamento foi observada diferença estatística significativa. No primeiro dia de análise, os frutos apresentaram maior valor negativo do parâmetro de cor a^* diferindo dos demais dias. Nos dias 3 e 6 os frutos apresentaram maior valor negativo do parâmetro de cor a^* quando comparado aos dias 9, 12 e 15. Nos dias 12 e 15, os frutos apresentaram maior valor do parâmetro de cor a^* .

Para as médias dos frutos nos diferentes tratamentos dentro dos dias de análise, verificou-se que no terceiro e sexto dia de armazenamento, os frutos da dose 0,4 kGy (T2) apresentaram as maiores médias do parâmetro de cor a^* . Para o 9º, 12º e 15º dia de armazenamento foram os frutos da dose 1,0kGy (T4).

Pela média dos tratamentos, os frutos irradiados com a dose 1,0kGy (T4) apresentaram as maiores médias do parâmetro de cor a^* .

Para as médias dos dias de armazenamento dos frutos dentro dos tratamentos, observou-se que para todos os tratamentos, com exceção da dose 0,6kGy (T3), os frutos armazenados no 12º dia apresentaram as maiores médias do parâmetro de cor a^* . Para a dose 0,6kGy (T3), a maior média foi no 15º dia.

Com o decorrer dos dias de armazenamento observou-se nos frutos de todos os tratamentos diminuição dos valores negativos de a^* , indicando diminuição da intensidade de cor verde.

Os resultados de cor da polpa, referentes ao parâmetro de cor b^* , dos frutos de abacate submetidos à radiação gama e mantidos a temperatura ambiente mostram que a interação foi significativa, e ocorreu diferença entre as médias dos frutos nos dias de armazenamento (Tabela 22).

Tabela 22 - Variação média e desvio-padrão do parâmetro de cor b^* em abacates ‘Hass’ submetidos à radiação gama e armazenados à $21^{\circ}\text{C}\pm 1$ e $70\pm 5\%$ de UR, por 15 dias.

Tratamento	Dia						Média
	0	3	6	9	12	15	
0,2 kGy	43,5 $\pm$ 3,7	40,1 $\pm$ 3,1	36,9 $\pm$ 5,1	36,6 $\pm$ 3,3	31,4 $\pm$ 3,0	29,4 $\pm$ 8,3	36,3 $\pm$ 6,4
0,4 kGy	43,5 $\pm$ 3,7	35,4 $\pm$ 4,2	33,8 $\pm$ 4,7	36,0 $\pm$ 3,7	26,7 $\pm$ 6,9	22,1 $\pm$ 16,9	32,9 $\pm$ 9,9
0,6 kGy	43,5 $\pm$ 3,7	35,8 $\pm$ 3,1	36,1 $\pm$ 3,2	36,4 $\pm$ 1,9	12,8 $\pm$ 7,0	20,7 $\pm$ 11,6	30,9 $\pm$ 12,0
1,0 kGy	43,5 $\pm$ 3,7	26,7 $\pm$ 21,7	36,9 $\pm$ 7,1	34,0 $\pm$ 8,2	27,0 $\pm$ 2,9	16,0 $\pm$ 12,8	30,7 $\pm$ 13,1
Média	43,5a $\pm$ 3,2	34,5a $\pm$ 10,9	35,9a $\pm$ 4,6	35,7a $\pm$ 4,3	24,5b $\pm$ 8,6	22,0b $\pm$ 12,0	

Houve efeito de dia ($p < 0,001$)

Letras minúsculas comparam médias gerais de dia

Médias seguidas de pelo menos 1 letra em comum não diferem estatisticamente

Com relação às médias dos frutos nos tratamentos não foi observada diferença significativa. Para as médias dos frutos nos dias de armazenamento foi observada diferença estatística significativa. No primeiro dia de análise, os frutos apresentaram maiores

valores do parâmetro de cor b^* , não diferindo estatisticamente dos dias 3, 6 e 9. Nos dias 12 e 15 os frutos apresentaram menores valores diferindo dos demais dias.

Para as médias dos frutos dos diferentes tratamentos dentro dos dias de análise, verificou-se que os frutos irradiados com a dose 0,2kGy (T1) apresentaram as maiores médias do parâmetro de cor b^* para todos os dias.

Pela média dos tratamentos, os frutos irradiados com a dose 0,2kGy (T1) apresentaram as maiores médias do parâmetro de cor b^* .

Para as médias dos dias de conservação dos frutos dentro dos tratamentos, observou-se que para todos os tratamentos, as maiores médias do parâmetro de cor b^* foram no primeiro dia de análise.

Com o decorrer dos dias de armazenamento observou-se nos frutos de todos os tratamentos diminuição dos valores de b^* , indicando diminuição da intensidade de cor amarela.

4.3.4. Análise de correlação

Observou-se correlações fracas, moderadas e fortes para os parâmetros avaliados (Tabela 23) quanto à atividade antioxidante, fenóis, L, a^* e b^* .

Tabela 23 - Correlações lineares para atividade antioxidante (AA), fenóis, L, a^* e b^* .

	AA	Fenóis	L	a^*	b^*
AA		0,5124	0,2258	0,0067	0,2176
Fenóis			0,4707	- ,1276	0,4899
L				- ,8323	0,8511
a^*					- ,6999
b^*					

Houve correlação moderada entre a atividade antioxidante e os compostos fenólicos durante o período de armazenamento.

Os resultados mostram que não houve influência da atividade antioxidante ou dos compostos fenólicos sobre a coloração dos frutos. Já entre os parâmetros de cor observou-se alta correlação. À medida que diminuem os valores negativos de a^* ,

diminuem os valores de b^* e L, indicando o amarelecimento e escurecimento da polpa, conforme já demonstrado nas tabelas 17, 18, 19, 20, 21 e 22.

4.4. Experimento III- Radiação ultravioleta (UV-C)

4.4.1. Atividade Antioxidante

Os resultados da atividade antioxidante da polpa dos frutos de abacate submetidos à radiação ultravioleta e mantidos sob refrigeração mostram que a interação não foi significativa, e não ocorreu diferença entre as médias dos frutos dos diferentes tratamentos em cada dia e nem dos dias em cada tratamento (Tabela 24).

Tabela 24 - Variação média e desvio-padrão da atividade antioxidante (%) em abacates ‘Hass’ submetidos à radiação ultravioleta (UV-C) e armazenados à $10^{\circ}\text{C}\pm 1$ e $90\pm 5\%$ de UR, por 12 dias.

Tratamento	Dia		
	3	9	12
0 min	35,3 $\pm$ 9,7	57,1 $\pm$ 33,6	66,0 $\pm$ 19,0
5 min	42,9 $\pm$ 18,6	58,9 $\pm$ 17,3	33,0 $\pm$ 2,3
10 min	37,1 $\pm$ 7,3	41,4 $\pm$ 13,0	32,7 $\pm$ 7,9
15 min	35,9 $\pm$ 6,2	53,2 $\pm$ 12,6	55,7 $\pm$ 4,6
20 min	40,9 $\pm$ 1,4	56,5 $\pm$ 12,4	43,0 $\pm$ 10,1

P=0,09

Observou-se que a atividade antioxidante para os frutos mantidos sob refrigeração aumentou para o tratamento testemunha e para os submetidos à radiação ultravioleta por 15 minutos (T1 e T4) durante todo o período de armazenamento, concordando com Rodriguez, Lopez e Garcia (2010) que trabalhando com amora, maracujá, goiaba e mamão, observaram que a capacidade antioxidante aumentou durante o amadurecimento dos frutos.

A radiação ultravioleta UV-C pode prolongar o período de armazenamento dos frutos por retardar os processos de amadurecimento e suprimir a produção de etileno (LIU et al., 1993; STEVENS et al., 1998), entretanto, pelo fato da refrigeração ser o

método mais eficiente no controle do amadurecimento dos frutos, esta pode ter contribuído para a manutenção da capacidade antioxidante nos frutos nesses dois tratamentos.

Para os frutos submetidos à radiação ultravioleta por 5, 10 e 20 minutos (T2, T3 e T5), houve acréscimo do terceiro para o nono dia, havendo decréscimo para o décimo segundo dia. Campos (2008) trabalhando com tomates, submetidos à radiação UV-C e mantidos sob refrigeração, observou perda da capacidade antioxidante com o aumento da dose aplicada, sendo que os frutos que não foram submetidos ao tratamento apresentaram as maiores médias da capacidade antioxidante. Por esse motivo, a irradiação UV-C provavelmente não causou efeito positivo na manutenção da capacidade antioxidante. Sendo diferente do observado por Douillet-Breuil et al. (1999) e Adrian et al. (2000), onde descreveram aumento nos níveis antioxidantes em resposta à exposição a UV.

Nos dias 3 e 9, os frutos que apresentaram maior capacidade antioxidante foram os frutos submetidos à radiação ultravioleta por 5 minutos (T2), enquanto que no dia 12 foram os frutos do tratamento testemunha (T1).

Verificou-se que durante os doze dias de armazenamento não ocorreu diferença significativa entre os frutos dos diferentes tratamentos em cada dia e nem dos dias em cada tratamento. Os frutos do tratamento testemunha (T1) foram os que apresentaram maior capacidade antioxidante ao longo do período de armazenamento, em média 53%. A média da atividade antioxidante encontrada foi de 46%, a mesma encontrada para os frutos submetidos ao tratamento térmico e à radiação gama, nas duas condições de armazenamento.

Para os frutos mantidos a temperatura ambiente os resultados mostram que a interação não foi significativa, e não ocorreu diferença entre as médias dos frutos dos diferentes tratamentos em cada dia e nem dos dias em cada tratamento (Tabela 25).

Tabela 25 - Variação média e desvio-padrão da atividade antioxidante (%) em abacates ‘Hass’ submetidos à radiação ultravioleta (UV-C) e armazenados à $21^{\circ}\text{C}\pm 1$ e $70\pm 5\%$ de UR, por 12 dias.

Tratamento	Dia		
	3	9	12
0 min	17,4 $\pm$ 5,8	57,3 $\pm$ 11,2	58,1 $\pm$ 28,2
5 min	62,1 $\pm$ 26,8	56,8 $\pm$ 24,4	43,6 $\pm$ 39,8
10 min	62,1 $\pm$ 18,7	48,3 $\pm$ 21,0	44,7 $\pm$ 18,1
15 min	46,6 $\pm$ 16,9	40,6 $\pm$ 11,8	33,9 $\pm$ 18,8
20 min	61,8 $\pm$ 28,3	48,6 $\pm$ 4,5	46,7 $\pm$ 13,2

P=0,64

Observou-se que a atividade antioxidante para os frutos mantidos a temperatura ambiente aumentou para o tratamento testemunha (T1) durante todo o período de armazenamento. Rodriguez, Lopez e Garcia (2010) trabalhando com amora, maracujá, goiaba e mamão, observaram que a capacidade antioxidante aumentou durante o amadurecimento dos frutos.

Kaur e Kapoor (2001) afirmam que os compostos antioxidantes de ocorrência natural podem ser significativamente perdidos como consequência de processamento e armazenamento afetando, dessa forma, a capacidade antioxidante do alimento. Moreira (2009) ao avaliar a capacidade antioxidante de melões Cantaloupe minimamente processado observou que a atividade antioxidante diminuiu com o decorrer dos dias de armazenamento, o mesmo ocorreu para os frutos deste trabalho submetidos à radiação ultravioleta por 5, 10, 15 e 20 minutos (T2, T3, T4 e T5), no qual houve decréscimo da atividade durante todo o período de armazenamento.

Mesmo que sejam atendidas as melhores recomendações de ambiente para conservação pós-colheita, a qualidade das frutas e hortaliças se degrada como resultado de suas atividades biológicas, ao menos no que se refere ao consumo de matéria seca devido à respiração, ao amadurecimento causado pelas atividades metabólicas e à perda de massa relacionada com a transpiração, dentre outros (HONÓRIO; MORETTI, 2002). Pelo fato dos frutos estarem mantidos a temperatura ambiente, esta pode ter interferido na diminuição da capacidade durante o período de armazenamento. Embora os valores da capacidade antioxidante tenham sido maiores quando comparados aos frutos mantidos sob refrigeração, os frutos mantidos a temperatura ambiente tiveram maior perda de massa, a qual pode ter

contribuído para a concentração dos compostos antioxidantes no fruto. A radiação UV-C não foi efetiva na manutenção da capacidade antioxidante, assim como ocorreu para os frutos mantidos sob refrigeração

No terceiro dia, os frutos que apresentaram maior capacidade antioxidante foram os frutos submetidos à radiação ultravioleta por 5 e 10 minutos (T2 e T3) enquanto que no dia 9 foram os frutos do tratamento testemunha (T1). Para o 12º dia de armazenamento, os frutos do tratamento testemunha (T1) continuaram apresentando maior capacidade antioxidante em relação aos demais tratamentos.

Verificou-se que durante os doze dias de armazenamento não ocorreu diferença significativa entre os frutos dos diferentes tratamentos em cada dia e nem dos dias em cada tratamento. Os frutos submetidos à radiação ultravioleta por 5 minutos (T2) foram os que apresentaram maior capacidade antioxidante ao longo do período de armazenamento, em média 54,2%. A média da atividade antioxidante encontrada foi de 49%, valor próximo ao encontrado para os frutos submetidos ao tratamento térmico e à radiação gama, nas duas condições de armazenamento e para os frutos mantidos sob refrigeração.

4.4.2. Compostos fenólicos totais

Os resultados do teor de compostos fenólicos totais através da polpa dos frutos de abacate submetidos à radiação ultravioleta e mantidos sob refrigeração mostram que a interação não foi significativa, e não ocorreu diferença entre as médias dos frutos dos diferentes tratamentos em cada dia e nem dos dias em cada tratamento (Tabela 26).

Tabela 26 - Variação média e desvio-padrão do teor de compostos fenólicos totais (mg ácido gálico.100g⁻¹ polpa) em abacates ‘Hass’ submetidos à radiação ultravioleta (UV-C) e armazenados à 10°C±1 e 90±5% de UR, por 12 dias.

Tratamento	Dia		
	3	9	12
0 min	46,3±9,7	57,9±5,7	40,3±5,4
5 min	34,0±6,6	45,0±16,1	52,3±7,9
10 min	37,3±6,6	40,0±12,7	52,6±20,1
15 min	34,6±5,6	38,8±1,5	45,8±5,8
20 min	36,9±3,8	45,3±4,5	48,2±2,3

P=0,08

Observou-se que o teor de compostos fenólicos para os frutos mantidos sob refrigeração aumentou para todos os frutos submetidos à radiação ultravioleta, com o decorrer dos dias de armazenamento, exceto para o tratamento testemunha. Rodriguez, Lopez e Garcia (2010) trabalhando com amora, maracujá, goiaba e mamão, observaram que os compostos fenólicos aumentaram durante o amadurecimento dos frutos. Lima, Melo e Lima (2002) trabalhando com pitangas, em dois estádios de amadurecimento do fruto, verificaram que os frutos amadurecidos apresentaram maiores teores de compostos fenólicos quando comparados aos frutos no início do amadurecimento.

Os compostos fenólicos são originados do metabolismo secundário das plantas e formam-se em condições de estresse como, infecções, ferimentos, radiações ultravioleta (NACZK; SHAHIDI, 2004), condições ambientais adversas, ou por baixas temperaturas (*chilling*) e ataque de microrganismos. Essas condições podem acarretar modificações no metabolismo fenólico, por meio de oxidação de compostos preexistentes ou de aumento da síntese de monômeros ou polímeros (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Para todos os tratamentos, observou-se o efeito da radiação ultravioleta no aumento destes compostos. Além disso, pelo fato da refrigeração ser o método mais eficiente no controle do amadurecimento dos frutos, esta pode ter contribuído para a manutenção dos compostos fenólicos ao longo do período de armazenamento.

Para os frutos do tratamento testemunha (T1), houve acréscimo do terceiro para o nono dia, havendo decréscimo do nono para o 12º dia de armazenamento. Antunes, Gonçalves e Trevisan (2006) trabalhando com amora-preta em ambiente refrigerado, observaram que houve aumento nos teores de compostos fenólicos até o nono dia de armazenamento, havendo posteriormente pequeno decréscimo até o décimo segundo dia. Torres (2008) trabalhando com atemórias, armazenadas a 8°C, observou que os frutos apresentaram grande evolução no conteúdo de fenólicos totais até o 9º dia de armazenamento, os quais decaíram consideravelmente ao 12º dia para aumentar novamente até o 18º dia.

Muitos estudos têm mostrado que os compostos fenólicos geralmente diminuem em frutos climatérios, como tomates, bananas, mangas e goiabas durante o amadurecimento (HAARD; CHISM, 1996; LAKSHMINARAYANA; SUBHADRA;

SUBRAMANYAM, 1970; MITRA; BALDWIN, 1997; SELVARAJ; KUMAR, 1989), como verificado para os frutos do tratamento testemunha.

Nos dia 3 e 9 os frutos que apresentaram maior teor de compostos fenólicos foram os frutos do tratamento testemunha (T1), enquanto que no dia 12 foram os frutos submetidos a radiação ultravioleta por 10 minutos (T3).

Verificou-se que durante os doze dias de armazenamento não ocorreu diferença significativa entre os frutos dos diferentes tratamentos em cada dia e nem dos dias em cada tratamento. Os frutos do tratamento testemunha (T1) foram os que apresentaram maior teor de compostos fenólicos ao longo do período de armazenamento, em média 48 mg ácido gálico.100g⁻¹ polpa. A média do teor de compostos fenólicos encontrada foi de 43,7 mg ácido gálico.100g⁻¹ polpa, a mesma encontrada para os frutos submetidos ao tratamento térmico mantidos sob refrigeração.

Para os frutos mantidos a temperatura ambiente os resultados mostram que a interação não foi significativa, e não ocorreu diferença entre as médias dos frutos dos diferentes tratamentos em cada dia e nem dos dias em cada tratamento (Tabela 27).

Tabela 27 - Variação média e desvio-padrão do teor de compostos fenólicos totais (mg ácido gálico.100g⁻¹ polpa) em abacates ‘Hass’ submetidos à radiação ultravioleta (UV-C) e armazenados à 21°C±1 e 70±5% de UR, por 12 dias.

Tratamento	Dia		
	3	9	12
0 min	42,1±6,2	53,1±5,3	56,2±18,1
5 min	42,2±6,7	70,3±24,7	43,0±8,7
10 min	52,8±26,9	53,7±4,5	51,9±2,6
15 min	34,2±4,1	53,3±4,8	56,1±7,0
20 min	39,5±9,4	47,7±4,9	57,1±7,1

P=0,17

Observou-se que o teor de compostos fenólicos para os frutos mantidos a temperatura ambiente aumentou para o tratamento testemunha e para os submetidos à radiação ultravioleta por 15 e 20 minutos (T1, T4 e T5) com o decorrer dos dias de armazenamento. Costa et al. (2006), trabalhando com brócolis, em armazenamento a 20°C, observaram que os fenóis totais aumentaram após o tratamento com UV-C, tanto nos tratados quanto no controle. Entretanto, o incremento foi maior no caso do brócolis controle.

Os compostos fenólicos são originados do metabolismo secundário das plantas e formam-se em condições de estresse como, infecções, ferimentos, radiações ultravioleta (NACZK; SHAHIDI, 2004), condições ambientais adversas, ou por baixas temperaturas (*chilling*) e ataque de microrganismos. Essas condições podem acarretar modificações no metabolismo fenólico, por meio de oxidação de compostos preexistentes ou de aumento da síntese de monômeros ou polímeros (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Além do efeito da radiação ultravioleta, pelo fato dos frutos estarem mantidos a temperatura ambiente, o aumento inicial da concentração de compostos fenólicos totais pode estar associado à perda de massa das frutas, concentrando estas substâncias.

Para os frutos submetidos à radiação ultravioleta por 5 e 10 minutos (T2 e T3), ocorreu acréscimo do terceiro para o nono dia, havendo decréscimo do nono para o 12º dia de armazenamento. Antunes, Gonçalves e Trevisan (2006) trabalhando com amora-preta em temperatura ambiente, observaram que houve incremento nos teores de compostos fenólicos totais até o sexto dia, decrescendo a partir daí até o décimo segundo dia. A redução dos compostos fenólicos nos frutos pode ser devido ao processo de complexação e polimerização dos taninos, que ocorrem durante o amadurecimento dos frutos. Allende et al. (2007), observaram que o tratamento com luz UV-C não teve efeito durável na síntese de compostos fenólicos de morango, sendo este parâmetro reduzido após o tratamento com UV-C, concordando com os dados encontrados neste trabalho.

No terceiro dia, os frutos que apresentaram maior teor de compostos fenólicos foram os frutos submetidos à radiação ultravioleta por 10 minutos (T3), enquanto que no dia 9 foram os frutos submetidos por 5 minutos (T2). Para o 12º dia de armazenamento, os frutos do tratamento testemunha (T1) apresentaram maior teor de compostos fenólicos em relação aos demais tratamentos.

Verificou-se que durante os doze dias de armazenamento não ocorreu diferença significativa entre os frutos dos diferentes tratamentos em cada dia e nem entre os dias em cada tratamento. Os frutos submetidos à radiação por 10 minutos (T3) foram os que apresentaram maior teor de compostos fenólicos ao longo do período de armazenamento, em média 52,8 mg ácido gálico.100g⁻¹ polpa. A média do teor de compostos fenólicos encontrada foi de 50,2 mg ácido gálico.100g⁻¹ polpa, a mesma encontrada para os frutos submetidos ao tratamento térmico mantidos a temperatura ambiente e irradiados mantidos sob refrigeração.

4.4.3. Cor

Os resultados de cor da polpa, referentes ao L, dos frutos de abacate submetidos à radiação ultravioleta e mantidos sob refrigeração mostram que a interação foi significativa, e ocorreu diferença entre as médias dos frutos nos dias de armazenamento (Tabela 28).

Tabela 28 - Variação média e desvio-padrão da luminosidade (L) em abacates ‘Hass’ submetidos à radiação ultravioleta (UV-C) e armazenados à 10°C±1 e 90±5% de UR, por 15 dias.

Tratamento	Dia						Média
	0	3	6	9	12	15	
5 min	68,0±11,3	84,7±2,3	86,8±1,9	85,7±2,8	86,5±0,4	82,7±4,1	82,4±8,0
10 min	68,0±11,3	86,3±1,2	86,1±1,6	84,8±4,3	85,5±2,4	82,1±2,5	82,1±7,9
15 min	68,0±11,3	84,2±1,9	85,4±1,6	84,5±3,6	83,7±3,1	74,0±10,8	80,0±8,8
20 min	68,0±11,3	84,4±2,0	87,2±0,5	86,7±2,6	83,7±2,3	80,7±3,2	81,8±8,0
Média	68,0b±9,6	84,9a±1,8	86,4a±1,5	85,4a±3,0	84,8a±2,3	79,8a±6,4	

Houve somente efeito de dia ($p < 0,001$)

Letras minúsculas comparam médias gerais de dia

Médias seguidas de pelo menos 1 letra em comum não diferem

Com relação às médias dos frutos nos tratamentos não foi observada diferença significativa. Para as médias dos dias de armazenamento foi observada diferença estatística significativa no dia 0. No primeiro dia de análise os frutos apresentaram menor luminosidade (L) quando comparada aos demais dias de armazenamento.

Para as médias dos frutos nos tratamentos dentro dos dias de análise, verificou-se que no terceiro dia de armazenamento, os frutos submetidos à radiação ultravioleta por 10 minutos (T2) apresentaram as maiores médias de luminosidade. Para o 6º e 9º dia de armazenamento foram os frutos submetidos por 20 minutos (T4), enquanto que no 12º e 15º foram os frutos submetidos por 5 minutos (T1).

Pela média dos tratamentos, os frutos submetidos à radiação ultravioleta por 5 minutos (T1) apresentaram as maiores médias de luminosidade.

Para as médias dos dias de conservação dos frutos dentro dos tratamentos, observou-se para todos os tratamentos, com exceção dos submetidos por 10

minutos (T2), a luminosidade foi maior no 6º dia de armazenamento. Para este tratamento a luminosidade foi maior no 3º dia.

Observou-se em todos os frutos dos diferentes tratamentos, com exceção do submetido por 15 minutos (T3), elevada luminosidade durante todo o período de armazenamento, concordando de Donadon (2009), que trabalhando com abacate ‘Hass’, durante 21 dias, observou a que luminosidade da polpa dos frutos armazenados a 4°C manteve-se em 82,14.

Os resultados de cor da polpa, referentes ao parâmetro de cor a^* , dos frutos de abacate submetidos à radiação ultravioleta e mantidos sob refrigeração mostram que a interação foi significativa, e ocorreu diferença entre as médias dos frutos nos dias de armazenamento (Tabela 29).

Tabela 29 - Variação média e desvio-padrão do parâmetro de cor a^* em abacates ‘Hass’ submetidos à radiação ultravioleta (UV-C) e armazenados à $10^{\circ}\text{C}\pm 1$ e $90\pm 5\%$ de UR, por 15 dias.

Tratamento	Dia						Média
	0	3	6	9	12	15	
5 min	-20,7 $\pm$ 3,7	-9,0 $\pm$ 1,8	-5,6 $\pm$ 1,2	-8,2 $\pm$ 3,3	-6,0 $\pm$ 1,2	-7,8 $\pm$ 1,6	-9,5 $\pm$ 5,7
10 min	-20,7 $\pm$ 3,7	-10,1 $\pm$ 1,4	-6,8 $\pm$ 2,2	-9,7 $\pm$ 2,0	-9,9 $\pm$ 2,6	-6,0 $\pm$ 2,5	-10,5 $\pm$ 5,4
15 min	-20,7 $\pm$ 3,7	-11,5 $\pm$ 2,1	-7,5 $\pm$ 1,2	-7,2 $\pm$ 0,7	-10,4 $\pm$ 2,3	-4,2 $\pm$ 2,6	-10,3 $\pm$ 5,7
20 min	-20,7 $\pm$ 3,7	-10,7 $\pm$ 0,9	-7,8 $\pm$ 1,3	-9,2 $\pm$ 0,4	-5,8 $\pm$ 1,9	-6,0 $\pm$ 2,0	-10,0 $\pm$ 5,5
Média	-20,7 $\pm$ 3,2	-10,4 $\pm$ 1,7	-6,9 $\pm$ 1,6	-8,6 $\pm$ 2,0	-8,0 $\pm$ 2,9	-6,0 $\pm$ 2,3	

Houve somente efeito de dia ($p < 0,001$)

Letras minúsculas comparam médias gerais de dia

Médias seguidas de pelo menos 1 letra em comum não diferem estatisticamente

Com relação às médias dos frutos nos tratamentos não foi observada diferença significativa. Para as médias dos dias de armazenamento dos frutos foi observada diferença estatística significativa. No primeiro dia de análise, os frutos apresentaram maior valor negativo do parâmetro de cor a^* diferindo dos demais dias. No dia 15 os frutos apresentaram menor valor negativo do parâmetro de cor a^* , mas não diferiu dos dias 6, 9 e 12.

Para as médias dos frutos nos tratamentos dentro dos dias de armazenamento, verificou-se que no terceiro, sexto e nono dia de armazenamento, os frutos submetidos à radiação ultravioleta por 5 minutos (T1) apresentaram maiores médias do

parâmetro de cor a^* . Para o 12º dia, foram os frutos submetidos por 20 minutos (T4) enquanto que para o 15º dia, foram submetidos por 15 minutos (T3).

Pela média dos frutos dos diferentes tratamentos, os submetidos à radiação ultravioleta por 5 minutos (T1) apresentaram as maiores médias do parâmetro de cor a^* .

Para as médias dos dias de conservação dos frutos dentro dos tratamentos, observou-se que para os frutos submetidos à radiação por 5 minutos (T1), os armazenados no 6º dia apresentaram as maiores médias do parâmetro de cor a^* . Para os submetidos por 10 e 15 minutos (T2 e T3), foram os armazenados no dia 15, enquanto que para os submetidos por 20 minutos (T4) foram os frutos do 12º dia de armazenamento.

Com o decorrer dos dias de armazenamento observou-se nos frutos de todos os tratamentos diminuição dos valores negativos de a^* , indicando diminuição da intensidade de cor verde.

Os resultados de cor da polpa, referentes ao parâmetro de cor b^* , dos frutos de abacate submetidos à radiação ultravioleta e mantidos sob refrigeração mostram que a interação não foi significativa, e não ocorreu diferença entre as médias dos frutos dos diferentes tratamentos em cada dia e nem dos dias em cada tratamento (Tabela 30).

Tabela 30 - Variação média e desvio-padrão do parâmetro de cor b^* em abacates ‘Hass’ submetidos à radiação ultravioleta (UV-C) e armazenados à $10^\circ\text{C}\pm 1$ e $90\pm 5\%$ de UR, por 15 dias.

Tratamento	Dia						Média
	0	3	6	9	12	15	
5 min	43,5 $\pm$ 3,7	41,5 $\pm$ 4,3	40,2 $\pm$ 5,1	38,9 $\pm$ 2,4	36,4 $\pm$ 0,9	38,7 $\pm$ 3,6	39,9 $\pm$ 3,8
10 min	43,5 $\pm$ 3,7	42,3 $\pm$ 0,5	38,3 $\pm$ 5,6	40,3 $\pm$ 2,0	34,7 $\pm$ 2,0	39,2 $\pm$ 2,6	39,7 $\pm$ 4,0
15 min	43,5 $\pm$ 3,7	40,2 $\pm$ 1,3	41,5 $\pm$ 5,9	40,5 $\pm$ 0,8	37,8 $\pm$ 0,9	35,6 $\pm$ 5,8	39,8 $\pm$ 4,1
20 min	43,5 $\pm$ 3,7	40,7 $\pm$ 4,7	39,3 $\pm$ 4,5	35,5 $\pm$ 1,8	37,0 $\pm$ 3,7	36,0 $\pm$ 1,5	38,6 $\pm$ 4,2
Média	43,5 $\pm$ 3,2	41,2 $\pm$ 2,9	39,8 $\pm$ 4,7	38,8 $\pm$ 2,6	36,4 $\pm$ 2,2	37,4 $\pm$ 3,6	

Não houve nenhum efeito significativo ($P>0,05$)

Com relação às médias dos frutos nos tratamentos e dos dias de armazenamento não foi observada diferença estatística significativa.

Para as médias dos frutos nos tratamentos dentro dos dias de análise, verificou-se que no terceiro dia de armazenamento, os frutos submetidos à radiação

ultravioleta por 10 minutos (T2) apresentaram as maiores médias do parâmetro de cor b^* . Para o 6º, 9º e 12º dia de armazenamento, foram os frutos submetidos por 15 minutos (T3), enquanto que no 15º dia foram os frutos submetidos por 10 minutos (T2).

Pela média dos tratamentos, os frutos submetidos à radiação ultravioleta por 5 minutos (T1) apresentaram as maiores médias do parâmetro de cor b^* .

Para as médias dos dias de conservação dos frutos dentro dos tratamentos, observou-se que para todos os tratamentos, as maiores médias do parâmetro de cor b^* foram no primeiro dia de análise.

Com o decorrer dos dias de armazenamento observou-se em todos os frutos dos tratamentos diminuição dos valores de b^* , indicando diminuição da intensidade de cor amarela.

Os resultados de cor da polpa, referentes ao L, dos frutos de abacate submetidos à radiação ultravioleta e mantidos a temperatura ambiente mostram que a interação foi significativa, e ocorreu diferença entre as médias dos frutos nos dias de armazenamento (Tabela 31).

Tabela 31 - Variação média e desvio-padrão da luminosidade (L) em abacates ‘Hass’ submetidos à radiação ultravioleta (UV-C) e armazenados à $21^{\circ}\text{C}\pm 1$ e $70\pm 5\%$ de UR, por 15 dias.

Tratamento	Dia						Média
	0	3	6	9	12	15	
5 min	68,0 $\pm$ 11,3	85,7 $\pm$ 0,3	80,6 $\pm$ 9,7	81,2 $\pm$ 6,3	74,0 $\pm$ 6,0	67,2 $\pm$ 10,6	76,1 $\pm$ 10,0
10 min	68,0 $\pm$ 11,3	84,7 $\pm$ 3,4	86,6 $\pm$ 1,5	80,2 $\pm$ 9,1	83,0 $\pm$ 5,7	80,4 $\pm$ 2,2	80,5 $\pm$ 8,3
15 min	68,0 $\pm$ 11,3	86,2 $\pm$ 2,3	80,2 $\pm$ 4,1	85,6 $\pm$ 2,4	76,6 $\pm$ 5,7	75,4 $\pm$ 4,2	78,7 $\pm$ 8,1
20 min	68,0 $\pm$ 11,3	84,4 $\pm$ 0,6	84,2 $\pm$ 0,6	85,2 $\pm$ 2,3	71,1 $\pm$ 7,6	78,6 $\pm$ 4,0	78,6 $\pm$ 8,5
Média	68,0 $\pm$ 9,6	85,2 $\pm$ 1,9	82,9 $\pm$ 5,3	83,0 $\pm$ 5,5	76,2 $\pm$ 7,1	75,4 $\pm$ 7,4	

Houve somente efeito de dia ($p < 0,001$)

Letras minúsculas comparam médias gerais de dia

Médias seguidas de pelo menos 1 letra em comum não diferem estatisticamente

Com relação às médias dos frutos nos tratamentos não foi observada diferença significativa. Para as médias dos dias de armazenamento foi observada diferença estatística significativa. No primeiro dia de análise os frutos apresentaram menor luminosidade (L) quando comparada aos demais dias de armazenamento, mas não diferiu do último dia de

análise. No dia 3, os frutos apresentaram maior valor de luminosidade, não diferindo dos dias 6, 9 e 12.

Para as médias dos frutos nos tratamentos dentro dos dias de análise, verificou-se que no terceiro e nono dia de armazenamento, os frutos submetidos à radiação ultravioleta por 15 minutos (T3) apresentaram as maiores médias de luminosidade. Para o 6º, 12º e 15º dia de armazenamento foram os frutos submetidos por 10 minutos (T2).

Pela média dos tratamentos, os frutos submetidos à radiação ultravioleta por 10 minutos (T2) apresentaram as maiores médias de luminosidade.

Para as médias dos dias de conservação dos frutos dentro dos tratamentos, observou-se que para os frutos submetidos à radiação por 5 e 15 minutos (T1 e T3), os armazenados no 3º dia apresentaram as maiores médias de luminosidade. Para os submetidos por 10 minutos (T2) foram os armazenados no dia 6, enquanto que para os submetidos por 20 minutos (T4) foram os frutos do 9º dia de armazenamento.

Observou-se em todos os frutos de todos os tratamentos diminuição da luminosidade durante todo o período de armazenamento, concordando com Donadon (2009), que trabalhando com abacate ‘Hass’, durante 21 dias, observou que para os frutos da testemunha, a luminosidade da polpa dos frutos diminuiu durante o armazenamento ao ambiente, (79,15), indicando escurecimento dos frutos.

Os resultados de cor da polpa, referentes ao parâmetro de cor a^* , dos frutos de abacate submetidos à radiação ultravioleta e mantidos a temperatura ambiente mostram que a interação foi significativa, e ocorreu diferença entre as médias dos frutos nos dias de armazenamento (Tabela 32).

Tabela 32 - Variação média e desvio-padrão do parâmetro de cor a^* em abacates ‘Hass’ submetidos à radiação ultravioleta (UV-C) e armazenados à $21^{\circ}\text{C}\pm 1$ e $70\pm 5\%$ de UR, por 15 dias.

Tratamento	Dia						Média
	0	3	6	9	12	15	
5 min	-20,7 $\pm$ 3,7	-8,4 $\pm$ 2,3	-3,0 $\pm$ 5,2	-7,3 $\pm$ 2,6	0,0 $\pm$ 1,3	-0,2 $\pm$ 4,9	-6,6 $\pm$ 7,9
10 min	-20,7 $\pm$ 3,7	10,1 $\pm$ 1,3	-7,6 $\pm$ 3,3	-4,6 $\pm$ 2,2	-4,0 $\pm$ 3,2	-3,8 $\pm$ 1,6	-8,5 $\pm$ 6,5
15 min	-20,7 $\pm$ 3,7	-11,7 $\pm$ 1,7	-7,1 $\pm$ 2,5	-6,3 $\pm$ 2,1	-2,0 $\pm$ 2,6	-2,8 $\pm$ 0,9	-8,4 $\pm$ 6,8
20 min	-20,7 $\pm$ 3,7	-11,3 $\pm$ 0,2	-7,0 $\pm$ 2,0	-6,7 $\pm$ 1,0	-1,8 $\pm$ 0,8	-5,2 $\pm$ 2,4	-8,8 $\pm$ 6,4
Média	-20,7 $\pm$ 3,2	-10,4 $\pm$ 1,9	-6,2 $\pm$ 3,5	-6,2 $\pm$ 2,0	-1,9 $\pm$ 2,4	-3,0 $\pm$ 3,1	

Houve somente efeito de dia ($p < 0,001$)

Letras minúsculas comparam médias gerais de dia

Médias seguidas de pelo menos 1 letra em comum não diferem estatisticamente

Com relação às médias dos frutos nos tratamentos não foi observada diferença significativa. Para as médias dos dias de armazenamento foi observada diferença estatística significativa. No primeiro dia de análise, os frutos apresentaram maior valor negativo do parâmetro de cor a^* diferindo dos demais dias. No dia 12 os frutos apresentaram menor valor negativo deste parâmetro, mas não diferiu do último dia de análise.

Para as médias dos frutos nos tratamentos dentro dos dias de análise, verificou-se que para todos os dias de conservação, os frutos submetidos à radiação ultravioleta por 5 minutos (T1) apresentaram as maiores médias do parâmetro de cor a^* , com exceção do 9º dia, no qual os frutos submetidos por 10 minutos (T2) apresentaram as maiores médias.

Pela média dos tratamentos, os frutos submetidos à radiação ultravioleta por 5 minutos (T1) apresentaram as maiores médias do parâmetro de cor a^* .

Para as médias dos dias de conservação dos frutos dentro dos tratamentos, observou-se que para todos os tratamentos, os frutos armazenados no 12º dia apresentaram as maiores médias do parâmetro de cor a^* , com exceção dos submetidos por 10 minutos (T2), o qual apresentou o maior valor no 15º dia.

Com o decorrer dos dias de armazenamento observou-se nos frutos de todos os tratamentos diminuição dos valores negativos de a^* , indicando diminuição da intensidade de cor verde.

Os resultados de cor da polpa, referentes ao parâmetro de cor b^* , dos frutos de abacate submetidos à radiação ultravioleta e mantidos a temperatura ambiente

mostram a interação foi significativa, e ocorreu diferença entre as médias dos frutos dos diferentes tratamentos em cada dia e dos dias em cada tratamento (Tabela 33).

Tabela 33 - Variação média e desvio-padrão do parâmetro de cor b^* em abacates ‘Hass’ submetidos à radiação ultravioleta (UV-C) e armazenados à $21^{\circ}\text{C}\pm 1$ e $70\pm 5\%$ de UR, por 15 dias.

Tratamento	Dia						Média
	0	3	6	9	12	15	
5 min	43,5 $\pm$ 3,7	39,0 $\pm$ 3,4	35,2 $\pm$ 1,2	38,6 $\pm$ 1,2	24,3 $\pm$ 18,5	32,8 $\pm$ 8,5	35,6B $\pm$ 9,5
10 min	43,5 $\pm$ 3,7	36,0 $\pm$ 0,6	40,2 $\pm$ 2,0	36,7 $\pm$ 2,9	37,1 $\pm$ 3,1	39,7 $\pm$ 5,0	38,9AB $\pm$ 3,8
15 min	43,5 $\pm$ 3,7	37,6 $\pm$ 2,6	42,7 $\pm$ 5,9	39,6 $\pm$ 1,2	38,3 $\pm$ 4,7	40,5 $\pm$ 2,3	40,4A $\pm$ 3,8
20 min	43,5 $\pm$ 3,7	38,0 $\pm$ 1,0	39,7 $\pm$ 4,9	36,6 $\pm$ 3,0	37,1 $\pm$ 6,5	35,7 $\pm$ 2,4	38,5AB $\pm$ 4,3
Média	43,5a $\pm$ 3,2	37,7ab $\pm$ 2,2	39,5ab $\pm$ 4,4	37,9ab $\pm$ 2,3	34,2b $\pm$ 10,5	37,2ab $\pm$ 5,5	

Houve efeito de dia ($p=0,02$) e de tempo ($p=0,04$)

Letras minúsculas comparam médias gerais de dia

Letras maiúsculas comparam médias gerais de tempo

Médias seguidas de pelo menos 1 letra em comum não diferem estatisticamente

Com relação às médias dos frutos nos tratamentos e dos dias de armazenamento foi observada diferença estatística significativa. Para as médias dos tratamentos observou-se que os frutos submetidos à radiação ultravioleta por 5 e 15 minutos (T1e T3) diferiram entre si, os quais apresentaram menor e maior valor do parâmetro de cor b^* , respectivamente.

Para as médias dos dias de armazenamento dos frutos observou-se que no primeiro dia de análise, os frutos apresentaram maior valor do parâmetro de cor b^* quando comparado aos demais dias, diferindo apenas do 12º dia no qual os frutos apresentaram menor valor deste parâmetro.

Para as médias dos frutos nos tratamentos dentro dos dias de análise, verificou-se que no terceiro dia de armazenamento, os frutos submetidos à radiação por 5 minutos (T1) apresentaram as maiores médias. Para o 6º, 9º, 12º e 15º foram os frutos submetidos por 15 minutos (T3).

Pela média dos tratamentos, os frutos submetidos à radiação ultravioleta por 15 minutos (T3) apresentaram as maiores médias do parâmetro de cor b^* .

Para as médias dos dias de armazenamento dos frutos dentro dos tratamentos observou-se que para todos os tratamentos os frutos armazenados no primeiro dia apresentaram as maiores médias do parâmetro de cor b^* .

Com o decorrer dos dias de armazenamento observou-se nos frutos de todos os tratamentos diminuição dos valores de b^* , indicando diminuição da intensidade de cor amarela.

4.4.4. Análise de correlação

Observou-se correlações fracas e moderadas para os parâmetros avaliados (Tabela 34) quanto à atividade antioxidante, fenóis, L, a^* e b^* .

Tabela 34 - Correlações lineares para atividade antioxidante (AA), fenóis, L, a^* e b^* .

	AA	Fenóis	L	a^*	b^*
AA		0,1533	0,2710	0,0759	- ,2075
Fenóis			- ,1553	0,3928	- ,2526
L				- ,0708	0,2211
a^*					- ,5594
b^*					

Não houve correlação entre a atividade antioxidante e os compostos fenólicos durante o período de armazenamento. Pode-se inferir que a atividade antioxidante nos frutos não foi devida aos compostos fenólicos.

Os resultados mostram que não houve influência da atividade antioxidante ou dos compostos fenólicos sobre a coloração dos frutos. Já entre os parâmetros de cor observou-se pequena correlação. À medida que diminuem os valores negativos de a^* , diminuem o de b^* , indicando o amarelecimento da polpa, conforme já demonstrado nas tabelas 29, 30, 32 e 33.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para os três experimentos, os tratamentos dos frutos interferiram na capacidade antioxidante e no teor de compostos fenólicos totais.

Os frutos do tratamento testemunha e mantidos sob refrigeração apresentaram maior capacidade antioxidante e teor de compostos fenólicos totais ao longo do período de armazenamento quando comparados aos frutos submetidos ao tratamento térmico, radiação gama e radiação ultravioleta e mantidos sob refrigeração.

Para o experimento I o tratamento térmico por 5 e 10 minutos foi efetivo na manutenção da capacidade antioxidante e dos compostos fenólicos totais, quando comparados aos demais tratamentos, mas não quando comparado ao tratamento testemunha.

Para o experimento II a dose de 0,6kGy não foi efetiva na manutenção da capacidade antioxidante e acelerou o processo de senescência dos frutos.

Para o experimento III a radiação ultravioleta (UV-C) não manteve a capacidade antioxidante dos frutos, no entanto ocasionou aumento na quantidade de compostos fenólicos durante o período de armazenamento.

O armazenamento refrigerado foi efetivo na manutenção da capacidade antioxidante para todos os tratamentos.

A temperatura ambiente concentrou maior teor de compostos fenólicos nos frutos possivelmente devido à perda de massa nos mesmos que se tornaram impróprios para a comercialização.

Não foi observada correlação entre a atividade antioxidante e o teor de compostos fenólicos totais dos frutos. A cor também não correlacionou com estes dois parâmetros.

O tratamento térmico e a radiação ultravioleta não afetaram a coloração da polpa possivelmente devido ao armazenamento refrigerado. Os valores de luminosidade mantiveram-se estáveis durante o armazenamento com mudanças nos componentes de cor verde e amarelo, resultando em amarelecimento da polpa com o amadurecimento.

6. CONCLUSÕES

Nas condições em que os experimentos foram realizados, pode-se concluir que:

- Os frutos do tratamento testemunha e mantidos sob refrigeração apresentaram maior capacidade antioxidante e teor de compostos fenólicos totais ao longo do período de armazenamento.
- O tratamento térmico por 5 e 10 minutos foi efetivo na manutenção da capacidade antioxidante e dos compostos fenólicos.
- A dose de 0,6kGy não foi efetiva na manutenção da capacidade antioxidante.
- A radiação ultravioleta (UV-C) não manteve a capacidade antioxidante dos frutos, no entanto ocasionou aumento na quantidade de compostos fenólicos.
- O tratamento térmico e a radiação ultravioleta não afetaram a coloração da polpa.

7. REFERÊNCIAS

ADRIAN, M. et al. Stilbene content of mature *Vitis vinifera* berries in response to UV-C elicitation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 48, n. 12, p. 6103-6105, 2000.

AGOSTINI-COSTA, T. S.; ABREU, L. N.; ROSSETI, A. G. Efeito do congelamento e do tempo de estocagem da polpa de acerola sobre o teor de carotenóides. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, p. 56-58, 2003.

AGRIANUAL 2009: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2010. 497 p.

ALLENDE, A. et al. Impact of combined postharvest treatments (UV-C light, gaseous O₃, superatmospheric O₂ and high CO₂) on health promoting compounds and shelf-life of strawberries. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 46, n. 3, p. 201-211, 2007.

ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, H. A. C.; MOSCA, J. L. Colheita e pós-colheita de anonáceas. In: SÃO JOSÉ, A. R.; SOUZA, I. V. B.; MORAIS, O. M. **Anonáceas: produção e mercado** (pinha, graviola, atemóia e cherimólia). Vitória da Conquista: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 1997. p. 240-256.

ANDRADE-WARTHA, E. R. S. **Capacidade antioxidante *in vitro* do pedúnculo de caju (*Anacardium Occidentale* L.) e efeito sobre as enzimas participantes do sistema**

antioxidante de defesa do organismo animal, 2007. 111 f. Tese (Doutorado em Ciências Farmacêuticas)-Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos: uma breve revisão. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 66, n. 1, p. 232-240, 2007.

ANTUNES, L. E. C.; GONÇALVES, E. D.; TREVISAN, R. Alterações de compostos fenólicos e pectina em pós-colheita de frutos de amora-preta. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 1, p. 57-61, 2006.

ASSOCIATION OF OFICIAL ANALITYCAL CHEMISTRY INTERNATIONAL. **Official methods of analysis of the Association of Oficial Analytical Chemistry International**. 13th ed. Washington, DC, 1992. 1015 p.

AZZOLINI, M.; JACOMINO, A. P., BRON, I. U. Índices para avaliar qualidade pós-colheita de goiabas em diferentes estádios de maturação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 2, p.139-145, 2004.

AWAD, M. **Fisiologia pós-colheita de frutos**. São Paulo: Nobel, 1993. 114 p.

BADENES, M. L.; CALVO, J. M.; LLACER, G. Estudio comparativo de la calidad de los frutos de 26 cultivares de melocotonero de origen norteamericano y dos variedades población de origen español. **Investigation Agrária: producion e proteccion vegetal**, Madri, v. 13, n. 1-2, p. 57-70, 1998.

BARREIROS, A. L. B. S.; DAVID, J. M., DAVID, J. P. Estresse oxidativo: relação entre geração de espécies reativas e defesa do organismo. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 1, p. 113-123, 2006.

BIANCHI, M. L. P.; ANTUNES, L. M. G. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 12, n. 2, p. 123-130, 1999.

BLEINROTH, E. W.; CASTRO, J. V. Matéria-prima. In: TEIXEIRA, C. G. et al. **Abacate: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos**. Campinas: ITAL, 1992. p. 58-148.

BOWER, J.; CUTTING, J. G. Avocado fruit development and ripening physiology. **Horticultural Review**, London, v. 10, p. 229-271, 1988.

BRASIL, M. I. **Utilização de pectinases e agentes ‘fining’ no processamento de suco integral e clarificação de goiaba (*Psidium guajava* L, Var, *Pomífera*)**, 1993. 156 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)-Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1993.

BRODRICK, H. T.; THOMAS, A. C. Radiation preservation of subtropical fruits in South Africa. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FOOD PRESERVATION BY IRRADIATION, 1977, Wageningen. **Proceedings...** Wageningen: International Atomic Energy Agency, 1978. p. 167-178.

BRON, I. U.; JACOMINO, A. P.; APPEZZATO-DA-GLORIA, B. Alterações anatômicas e físico-químicas associadas ao armazenamento refrigerado de pêssegos 'Aurora-1' e 'Dourado-2'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 10, p. 1349-1358, 2002.

BRUNINI, M. A. et al. Caracterização física e química de acerolas provenientes de diferentes regiões de cultivo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 486-489, 2004.

CALORE, L. **Conservação pós-colheita de pêssegos ‘Biuti’ irradiados e armazenados com e sem refrigeração**, 2000. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Horticultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

CAMILI, E. C.; CIA, P.; BENATO, E. A. Indução de resistência contra doenças pós-colheita. In: CAVALCANTI, L. S. et al. (Org.). **Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos**. Piracicaba: Fealq, 2005. p. 195-218.

CAMPOS, A. J. **Radiação gama, ultravioleta (UV-C) e atmosfera controlada na conservação da qualidade de tomate ‘Débora Plus’ e ‘Pitenza’**. 2008. 124 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

CANTO, W. L.; SANTOS, L. C.; TRAVAGLINI, M. M. E. **Óleo de abacate: extração, usos e seus mercados atuais no Brasil e na Europa**. Estudos Econômicos. Campinas: ITAL, 1980. 144 p. (Alimentos processados, 11).

CAPDEVILLE, G. et al. Alternative disease control agents induce resistance to blue mold in harvested “Red Delicious” apple fruit. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 92, n. 8, p. 900-908, 2002.

CARDOSO, C. F. **Avaliação da esterilização de filme de polietileno com peróxido de hidrogênio e radiação ultravioleta**, 2007. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos)-Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

CARVALHO, P. G. B. et al. Hortaliças como alimentos funcionais. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 24, n. 4, p. 397-404, 2006.

CARVALHO, H. A. et al. Efeito da atmosfera modificada sobre componentes da parede celular da goiaba. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 3, p. 605-615, 2001.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

CIA, P. et al. Effects of gamma and UV-C irradiation on the postharvest control of papaya anthracnose. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 43, p. 366-373, 2007.

COSTA, L. UV-C treatment delays postharvest senescence in broccoli florets. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 39, n. 2, p. 204-210, 2006.

COUEY, H. M. Heat treatment for control of postharvest diseases and insect pests of fruits. **HortScience**, Alexandria, v. 24, n. 22, p. 198-202, 1989.

CUVELIER, M. E.; RICHARD, H.; BERSSET, C. Comparison of the antioxidative activity of some acid phenols: structure-activity relationship. **Bioscience, Biotechnology and Biochemistry**, Tokyo, v. 59, n. 2, p. 324-325, 1992.

DAIUTO, E. R.; VIEITES, R. L. Atividade da peroxidase e polifenoloxidase em abacate da variedade Hass, submetidos ao tratamento térmico. **Revista Iberoamericana Tecnología Postcosecha**, México, v. 9, n. 2, p. 106-112, 2008.

DAIUTO, E. R. et al. Avaliação da coloração, teor de fenóis e atividade da peroxidase no guacamole conservado pelo frio. **Agronomia Tropical**, Maracay, v. 59, n. 3, p. 331-342, 2009.

DAIUTO, E. R. et al. Estabilidade físico- química de um produto de abacate acondicionado em diferentes embalagens e conservado pelo frio. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 21, n. 1, p. 97-105, 2010.

DECKER, E. A. Phenolics: prooxidants or antioxidants? **Nutrition Reviews**, New York, v. 55, n. 11, p. 396-407, 1997.

DHALLEWIN, G. et al. Ultraviolet C irradiation at 0.5 kJ. M-2 reduces decay without causing damage or affecting postharvest quality of star ruby grapefruit (*C. paradisi* Macf.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 48, p. 4571-4575, 2000.

DONADIO, L. C. **Abacate para exportação: aspectos técnicos da produção**. Brasília, DF: DENACOO, 1992. 109 p. (Série de publicações técnicas da FRUPEX).

DONADIO, L. C. **Abacate para exportação: aspectos técnicos da produção**. Brasília, DF: DENACOO, 1995. 53 p. (Série de publicações técnicas da FRUPEX).

DONADON, J. R. **Distúrbio fisiológico provocado pelo frio e prevenção com tratamentos térmicos em abacates**, 2009. 204 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal)-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.

DOROSHOW, J. H. Effect of anthracycline antibiotics on oxygen radical formation in rat heart. **Cancer Research**, Baltimore, v. 43, n. 2, p. 460-472, 1983.

DOUILLET-BREUIL, A. C. et al. Changes in phytoalexin content of various *Vitis* Spp. in response to ultraviolet-C elicitation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 47, n. 10, p. 4456-4461, 1999.

DUARTE-ALMEIDA, J. M. et al. Avaliação da atividade antioxidante utilizando sistema β -caroteno/ácido linoléico e método de seqüestro de radicais DPPH. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 446-452, 2006.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2000. p. 316-324.

FALLIK, E. Prestorage hot water treatments (immersion, rinsing and brushing). **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 32, n. 2, p.125-134, 2004.

FERGUSON, I.B. et al. Postharvest heat treatments: introduction and workshop summary. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 21, n. 1, p. 1-6, 2000.

FERREIRA, V. L. P. **Princípios e aplicações da colorimetria em alimentos**, Campinas: ITAL, 1981. 85 p. (Instruções técnicas, 19).

FIGUEIREDO, R. W. **Qualidade e bioquímica de parede celular durante o desenvolvimento, maturação e armazenamento de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP 76 submetidos à aplicação pós-colheita de cálcio**, 2000. 154 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos)-Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

FRANCISCO, V. L. F. S.; BAPTISTELLA, C. S. L. Cultura do abacate no Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 35, n. 5, 2005.

GABAS, A. L.; TELIS-ROMERO, J.; MENEGALLI, F. C. Cinética de degradação do ácido ascórbico em ameixas liofilizadas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, p. 66-70, 2003.

GARDNER, D. W.; SHAMA, G. Modeling UV-induced irradiation of microorganisms on surfaces. **Journal of Food Protection**, Des Moines, v. 63, n. 1 p. 63-70, 2000.

GAYET, J. P. et al. **Abacate para exportação: procedimentos de colheita e pós-colheita**. Brasília: EMBRAPA, 1995. 53 p. (Série de publicações técnicas da FRUPEX).

GERMANO, R. M. A.; ARTHUR, V.; WIENDL, F. M. Conservação pós-colheita de abacates *Persea americana* Mill., variedades Fortuna e Quintal, por irradiação. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 53, n. 2-3, p. 249-253, 1996.

GIADA, M. L. R.; MANCINI FILHO, J. Importância dos compostos fenólicos da dieta na promoção da saúde humana. **Ciências Biológicas e da Saúde**, Ponta Grossa, v. 12, n. 4, p. 7-15, 2006.

GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A. et al. Use of UV-C irradiation to prevent decay and maintain postharvest quality of ripe 'Tommy Atkins' mangoes. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 36, n. 7, p. 767-773, 2001.

GRUPO CONSULTIVO INTERNACIONAL SOBRE IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS. **A irradiação de alimentos: ficção ou realidade.** Roma, 1991. 38 p.

GUERRERO-BELTRÁN, J. A.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. Review: advantages and limitations on processing foods by UV light. **Food Science and Technology International**, London, v. 10, n. 3, p.137-147, 2004.

HALLIWELL, B. et al. The characterization on antioxidants. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v. 33, n. 7, p. 601-617, 1995.

HAARD, N. F.; CHISM, G. W. Characteristics of edible plant tissues. In: DAMODARAN, S. **Fennema's food chemistry**. New York: Marcel Dekker, 1996. p. 943-1011.

HARTMAN, P. E., SHANKEL, D. M. Antimutagens and anticarcinogens: a survey of putative interceptor molecules. **Environmental and Molecular Mutagenesis**, New York, v. 15, n. 3, p. 145-182, 1990.

HEIM, K. E.; TAGLIAFERRO, A. R.; BOBOLYA, D. J. Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure- activity relationships. **Journal of Nutritional Biochemistry**, Stoneham, v. 13, n. 10, p. 572-584, 2002.

HERNANDEZ, A. M.; PRIETO GONZALES, E. A. Plantas que contienen polifenoles. **Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas**, Habana, v. 18, n. 1, p. 12-14, 1999.

HIRATA, L. L.; SATO, M. E. O.; SANTOS, C. A. M. Radicais livres e o envelhecimento cutâneo. **Acta Farmacéutica Bonaerense**, Buenos Aires, v. 23, n. 3, p. 418-424, 2004.

HOFMAN, P. J. et al. Hot water treatments improve 'Hass' avocado fruit quality after cold disinfestation. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 24, n. 2, p. 183- 192, 2002.

HONÓRIO, S. L.; MORETTI, C. L. Fisiologia pós-colheita de frutas e hortaliças. In: CORTEZ, L. A. B.; HONÓRIO, S. L.; MORETTI, C. L. **Resfriamento de frutas e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2002. p. 60-81.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. 2005. **Métodos físicos e químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1018 p.

INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATION FOR FOODS. **Microbial ecology of foods**. New York: Academic Press, 1980. v. 1.

JACOMINO, A. P. et al. Processamento mínimo de frutas no Brasil. In: SIMPOSIUM ESTADO ACTUAL DEL MERCADO DE FRUTOS Y VEGETALES CORTADOS EN IBEROAMÉRICA, San José, Costa Rica. **Resúmenes...** San José, 2004. p. 79-86.

KADER, A. A. **Postharvest technology of horticultural crops**. Berkeley: University of California, 1992. 296 p.

KANESIRO, M. A. B. et al. Efeito da irradiação na conservação pós-colheita de abacates 'Breda'. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIAS DOS ALIMENTOS, 4., 2001, Campinas. **Anais...** Campinas: Unicamp, 2001, p.201.

KARAKAYA, S. Bioavailability of phenolic compounds. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 44, n. 6, p. 453-64, 2004.

KAUR, C.; KAPOOR, H. C. Anti- oxidant activity and total phenolic- the millennium's health. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 36, n. 7, p. 703-725, 2001.

KAYS, S. J. **Postharvest physiology of perishable plant products**, New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. 532 p.

KLUGE R. A. et al. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. Campinas: Rural, 214 p. 2002a.

KLUGE, R. A. et al. Inibição do amadurecimento de abacate com 1-metilciclopropeno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 7, p. 895-901, 2002b.

KLUGE, R. A. et al. Efeitos de tratamentos térmicos aplicados sobre frutas cítricas armazenadas sob refrigeração. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 5, p.1388-1396, 2006.

KOBLITZ, M. G. B. **Bioquímica de alimentos**: teoria e aplicações práticas. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. 242 p.

KONINKLIJKEPHILIPS ELETRONICS. **UV disinfection**: application information. Disponível em: <<http://www.philips.com/lighting>>. Acesso em: 25 out. 2009.

KUBOW, S. Lipid oxidation products in food and atherogenesis. **Nutrition Reviews**, New York, v. 51, n. 2, p. 33-40, 1993.

KUSKOSKI, E. M. et al. Frutos tropicais silvestres e polpas de frutas congeladas: atividade antioxidante, polifenóis e antocianinas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 4, p. 1283-1287, 2006.

LAKSHMINARAYANA, S.; SUBHADRA, N. V.; SUBRAMANYAM, H. Some aspects of developmental physiology of mango fruit. **The Journal of Horticultural Science**, London, v. 45, p. 133-142, 1970.

LAMIKANRA, O. et al. Effect of processing under ultraviolet light on the shelf life of fresh-cut cantaloupe melon. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 70, n. 9, p. 534- 539, 2005.

LEITE, L. G. A. Demanda e caracterização de frutas e derivados. In: ENCONTRO DE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO, 1997, Poços de Caldas. **Anais...** Lavras: EPAMIG, 1997. p. 37-42.

LEONEL, S.; SAMPAIO, A.C. **Abacate**: aspectos técnicos da produção. São Paulo: UNESP; Cultura Acadêmica, 2008. 239 p.

LICHTER, A. et al. Hot water brushing: an alternative method to SO₂ fumigation for color retention of litchi fruits. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 18, n. 3, p. 235-244, 2000.

LIMA, V. L. A. G., MÉLO, E. A.; LIMA, D. E. S. Fenólicos e carotenóides totais em pitanga. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 3, p. 447-450, 2002.

LIU, J. et al. Application of ultraviolet-C light on storage rots and ripening of tomatoes. **Journal of Food Protection**, Des Moines, v. 56, n. 10, p. 868-873, 1993.

LÓPEZ-MALO, A.; PALOU, E. Ultraviolet light and food preservation. In: BARBOSA-CÁNOVAS, G; TAPIA, M. S.; CANO, M. P. **Novel food processing Technologies**. Boca Raton: CRC, 2005. 692 p.

LU, J. Y. et al. The effect of ultraviolet irradiation on shelf-life and ripening of peaches and apples. **Journal of Food Quality**, Westport, v. 14, n. 4, p. 299-305, 1991.

LU, J. Y. et al. Low-dose UV and gamma-radiation on storage rot and physicochemical changes in peaches. **Journal of Food Quality**, Westport, v. 16, n. 4, p. 301-309, 1993.

LUÍZ, R. C.; HIRATA, T. A. M.; CLEMENTE, E. Cinética de inativação da polifenoloxidase e peroxidase de abacate (*Persea americana* Mill.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1766-1773, 2007.

LURIE, S. Postharvest heat treatments. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 14, n. 3, p. 257-269, 1998.

MAILLARD, M. N. et al. Antioxidant activity of barley and malt: relationship with phenolic content. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, London, v. 29, n. 3, p. 238-244, 1996.

MALAKOU, A.; NANOS, G. D. A combination of hot water treatment and modified atmosphere packaging maintains quality of advanced maturity 'Caldesi 2000' nectarines and 'Royal Glory' peaches. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 38, n. 2, p. 106- 114, 2005.

MANACH, C. et al. Polyphenols: food sources and bioavailability. **American Journal of Clinical Nutrition**, New York, v. 79, n. 5, p. 727-747, 2004.

MANICA, I. et al. **Fruticultura tropical: goiaba**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2000. 373 p.

MARANCA, G. **Fruticultura comercial: manga e abacate**. 6. ed. São Paulo: Nobel, 1986. 138 p.

MARQUENIE, D. et al. Using survival analysis to investigate the effect of UV-C and heat ctreatment on storage rot of strawberry and sweet cherry. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 73, n. 2-3 p. 187-196, 2002.

MARQUIS, R. E. E.; BALDECK, J. D. Sporocidal interactions of ultraviolet irradiation and hydrogen peroxide related to aseptic technology. **Chemical Engineering and Processing**, Lausanne, v. 46, n. 6, p. 547-553, 2007.

MARTINEZ-VALVERDE, I.; PERIAGO, M. J.; ROS, G. Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, Caracas, v. 50, n. 1, p. 5-18, 2000.

MEDINA, J. C. et al. **Abacate**: da cultura ao processamento e comercialização. Campinas: ITAL, 1978. 212 p.

MEIR, S. et al. Prolonged storage of 'Hass' avocado fruit using modified atmosphere packaging. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 12, n. 1, p. 51-60, 1997.

MELO, E. A. et al. Capacidade antioxidante de frutas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v. 44, n. 2, p. 193-201, 2008.

MELO, E. A. et al. Antioxidant capacity of vegetables submitted to thermal treatment. *Nutrire: revista da Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição*, São Paulo v. 34, n. 1, p. 85-95, 2009.

MÉNDELEZ-MARTÍNEZ, A. J. et al. Relationship between the colour and the chemical structure of carotenoid pigments. **Food Chemistry**, London, v. 101, n. 3, p. 1145-1150, 2007.

MENEZES, J. B.; ALVES, R. E. **Fisiologia e tecnologia pós-colheita do pedúnculo do caju**, Fortaleza: EMBRAPA, CNPAT, 1995. 20 p.

MENSOR, L. L. et al. Screening of brazilian plant extracts for antioxidant activity by the use of DPPH free radical method. **Phytotherapy Research**, London, v. 15, n. 2, p. 127-130, 2001.

MERCIER, J. et al. Shortwave ultraviolet irradiation for control of decay caused by *Botrytis cinerea* in Bell pepper: Induced resistance and germicidal effects. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 126, n. 1, p. 128-133, 2001.

MITRA, S. K.; BALDWIN, E. A. Mango. In: MITRA, S. K. (Ed.). **Postharvest physiology storage of tropical and subtropical fruit**. New York: CAB Internacional, 1997. 431 p.

MOREIRA, G. C. **Radiação gama ou antimicrobianos naturais na conservação de melão minimamente processado**, 2009. 204 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Horticultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

MORGADO, C. M. A. **Qualidade e conservação pós-colheita de cultivares de goiaba: inteiras e minimamente processadas**, 2010. 83 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal)-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.

NACZK, M.; SHAHIDI, F. Extraction and analysis of phenolics in food. **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, v. 1054, n. 1/2, p. 95-111, 2004.

NEVES, L. C. **Manual pós-colheita da fruticultura brasileira**. Londrina: EDUEL, 2009. 494 p.

NICOLI, M. C.; ANESE, M.; PARPINEL, M. Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables. **Trends in Food Science and Technology**, Cambridge, v. 10, n. 3, p. 94-100, 1999.

NOGUEIRA, J. N.; SILVA, E. Efeito comparativo do calor, SO₂ e ácido ascórbico na atividade da polifenol oxidase e peroxidase de algumas frutas e hortaliças. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, Piracicaba, v. 46, n. 2, p. 453-471, 1989.

O'BEIRNE, D. Irradiation of fruits and vegetables: applications and issues. **Professional Horticulture**, New York, v. 3, n. 1, p. 12-19, 1989.

OLIVEIRA, M. A. **Utilização de películas de fécula de mandioca como alternativa à cera comercial na conservação pós-colheita de frutos de goiaba (*Psidium guayava*) variedade Kumagai**, 1996. 73 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.

OLIVEIRA, M. A. et al. Ceras para conservação pós-colheita de frutos de abacateiro cultivar Fuerte, armazenados em temperatura ambiente. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 4, p. 777-780, 2000.

ORGANIZATION MUNDIAL DE LA SALUD. **La irradiation de los alimentos**: una técnica para conservar y conservar la inocuidad de los alimentos. Ginebra, 1989. 90 p.

PAN, J. et al. Combined use of UV-C irradiation and heat treatment to improve postharvest life of strawberry fruit. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 84, n. 14, p. 1831-1838, 2004.

PAULL, R. E.; CHEN, N. J. Heat treatment and fruit ripening. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 21, n. 1, p. 21-37, 2000.

PEROSA, J. M. Y.; PIERRE, F. C. Técnicas pós-colheita e expansão da cultura da manga no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 381-384, 2002.

PICANÇO, N. F. M. **Qualidade de caqui armazenado sob refrigeração**: estádios de maturação, destanização e irradiação ionizante. 2009. 125 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

PRADO, A. **Composição fenólica e atividade antioxidante de frutas tropicais**, 2009. 105 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

RAMALHO, V. C.; JORGE, N. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 4, p. 755-760, 2006.

RINALDI, M.M. et al. Armazenamento sob condições ambiente e aceitabilidade do melão 'F1 Jangada' produzido em sistema hidropônico. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 804-812, 2006.

ROCHA, J. L. V.; SPAGNOL, W. A. Frutas e hortaliças. In: VAN'DENDER, A. G. F. et al. **Armazenamento de gêneros e produtos alimentícios**. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1983. p. 227-272.

RODRIGUEZ, L.; LOPEZ, L.; GARCIA, M. Determinación de la composición química y actividad antioxidante en distintos estados de madurez de frutas de consumo habitual en Colombia, mora (*Rubus glaucus* B.), maracuyá (*Passiflora edulis* S.), guayaba (*Psidium guajava* L.) y papayuela (*Carica cundinamarcensis* J.). **ACTA**, Bogotá, n. 21, p. 16-34, 2010.

ROSA, M. C.; FARIA, O.; AMANTE, E. R. O padrão respiratório na estocagem de produtos vegetais: uma revisão. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 33, n. 2, p. 207-214, 1999.

SANTOS, M. L. R. **Efeitos da radiação gama do ^{60}Co em frutos de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.)**, 2008. 75 f. Tese (Doutorado em Ciências)-Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba, 2008.

SARRIA, S. D. **Resfriamento rápido e armazenamento refrigerado do figo (*Ficus carica* L.) 'Roxo de Valinhos' e seus efeitos na qualidade da fruta**, 2003. 150 f. Tese (Doutorado em Tecnologia Pós-Colheita)-Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 2003.

SELVARAJ, Y.; KUMAR, R. Studies on fruit softening enzymes and polyphenol oxidase activity in ripening mango (*Mangifera indica* L.) fruit. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v. 26, n. 4, p. 218-222, 1989.

SILVA, J. M. M. Mercados nacional e internacional de frutas frescas (perspectivas de exportação). In: ENCONTRO DE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO, 1., 1996. Poços de Caldas. **Anais...** Lavras: EPAMIG: UFLA, 1996. p. 1-10.

SHAHIDI, F. Natural antioxidants: an overview. In: _____. **Natural antioxidants: chemistry, health effects, and applications**. Newfoundland: AOCS Press, 1996. p. 1-11.

SHAHIDI, F.; NACZK, M. **Food phenolics: sources, chemistry, effects and applications**. Lancaster: Technomic, 1995. 331 p.

SHAMA, G.; ALDERSON, P. UV hormesis in fruits: a concept ripe for commercialisation. **Trends in Food Science and Technology**, Cambridge, v. 16, n. 4, p. 128-136, 2005.

SIES, H.; STAHL, W. Vitamins E and C, beta-carotene, and other carotenoids as antioxidants. **American Journal of Clinical Nutrition**, New York, v. 62, n. 6, p. 1315S-1321S, 1995.

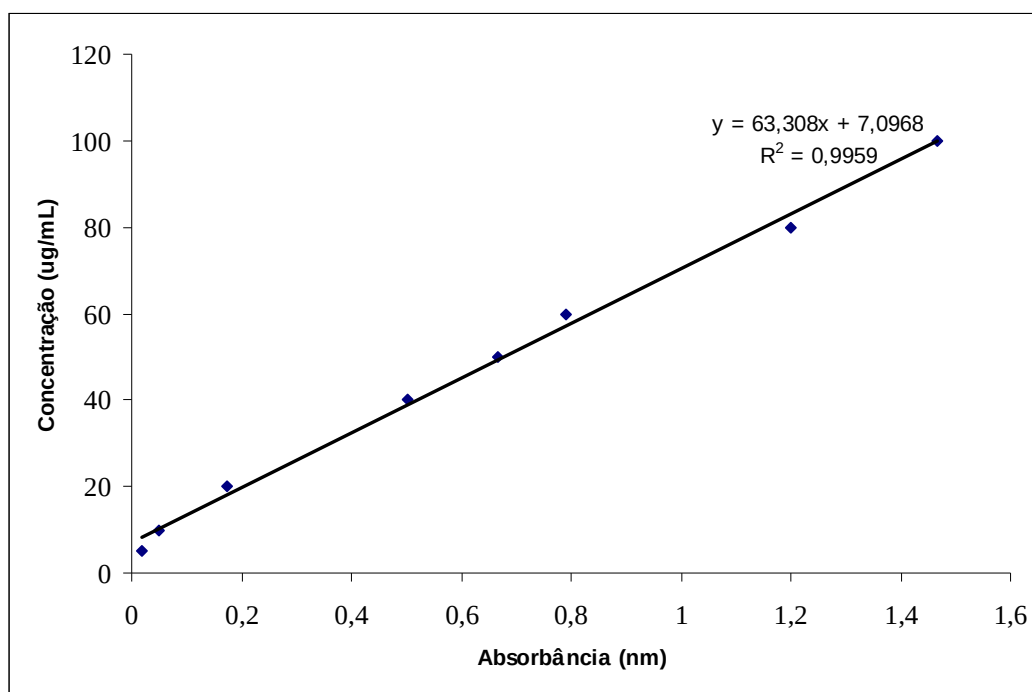
SILVA, F. A. M.; BORGES, M. F. M.; FERREIRA, M. A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. **Química Nova**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 94-103, 1999.

- SILVA, J. A. **Tópicos da tecnologia de alimentos**. São Paulo: Varela, 2000. 231 p.
- SILVEIRA, N. S. S. et al. Doenças fúngicas pós-colheita em frutas tropicais: patogênese e controle. **Caatinga**, Mossoró, v.18, n. 4, p. 283-299, 2005.
- SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA, R. M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteau reagent, **Methods of Enzymology**, New York, v. 299, p. 152-178, 1999.
- SIQUEIRA, F. M.; OETTERER, M.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B. Nutrientes antioxidantes. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 31, n. 2, p. 192-199, 1997.
- SOARES, S. E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 71-81, 2002.
- SOARES, S. E.; MANCINI FILHO, J.; MODESTA, R. C. della. Sensory detection limits of avocado oil in mixtures with olive oil. **Revista Espanola de Ciencia y Tecnologia de Alimentos**, Valencia, v. 32, n. 5, p. 509-516, 1992.
- SOUZA, M. C. **Qualidade e atividade antioxidante de frutos de diferentes progênes de açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.)**. 2007. 124 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos)-Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.
- STEVENS, C. et al. The germicidal and hormetic effects of UV-C light on reducing brown rot disease and yeast microflora of peaches. **Crop Protection**, Guildford, v. 17, n. 1, p. 75-84, 1998.
- STEVENS, C. et al. The effects of low-dose ultraviolet light-C treatment on polygalacturonase activity, delay ripening and Rhizopus soft rot development of tomatoes. **Crop Protection**, Guildford, v. 23, n. 6, p. 551-554, 2004.
- TANGO, J. S.; TURATTI, J. M. Óleo de abacate. In: TEIXEIRA, C. G. et al. **Abacate: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos**. Campinas: ITAL, 1992. p. 156-192.

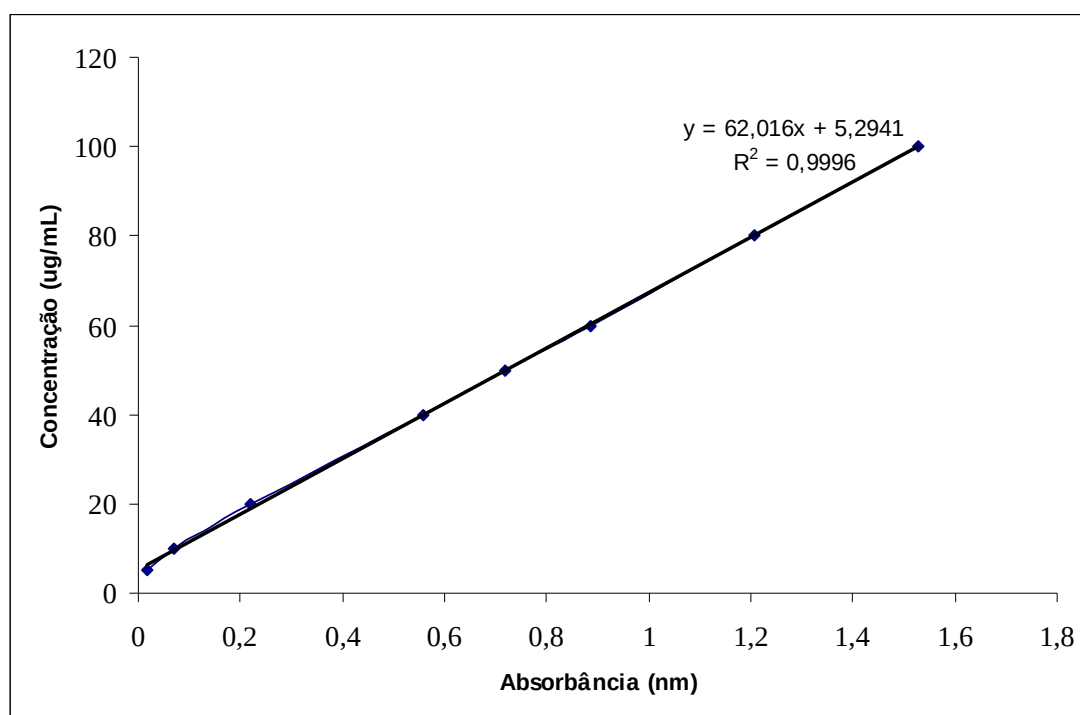
- TEIXEIRA, C. G. et al. **Abacate**: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos. 2.ed. Campinas: ITAL, 1992. 250 p.
- TINGWA, P. O.; YOUNG, R. E. The effect of calcium on the ripening of avocado (*Persea americana* Mill.) fruits. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 99, n. 6, p. 540-542, 1974.
- TOMÁS- BARBERÁN, F.; ESPÍN, J. C. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 81, p. 853- 876, 2001.
- TORRES, L. M. A. R. **Conservação pós-colheita de atemóia cv, “Thompson”**, 2008. 124 f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição)-Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2008.
- VIEITES, R. L. **Conservação pós-colheita do tomate através do uso da radiação gama, cera e saco de polietileno, armazenados em condições de refrigeração e ambiente**, 1998. 131 f. Tese (Livres-Docência)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1998.
- ZAUBERMAN, M. S.; SCHIFFMAN-NADEL, M.; YANKO, U. Susceptibility to chilling injury of three avocado cultivars stages of ripening. **HortScience**, Alexandria, v. 8, n. 6, p. 511-513, 1973.
- ZAUBERMAN, M. S.; YANKO, U. The response of avocado fruits to different storage temperatures. **HortScience**, Alexandria, v. 12, n. 4, p. 353-354, 1977.
- WATADA, A.; ABE, K.; YAMAUCHI, N. Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v. 20, p. 116-122, 1990.
- WILSON, C. L. et al. Potential of induced resistance to control postharvest diseases of fruits and vegetables. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 78, n. 9, p. 837-844. 1994.
- WOLFE, K.; WU, X.; LIU, R. H. Antioxidant activity of apple peels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 51, p. 609-614, 2003.

WOOLF, A. B.; LAY- YEE, M. Pretreatments at 38°C of 'Hass' Avocado Confer Thermotolerance to 50 °C Hot Water Treatments, **HortScience**, Alexandria, v. 32, n. 4, p. 705-708, 1997.

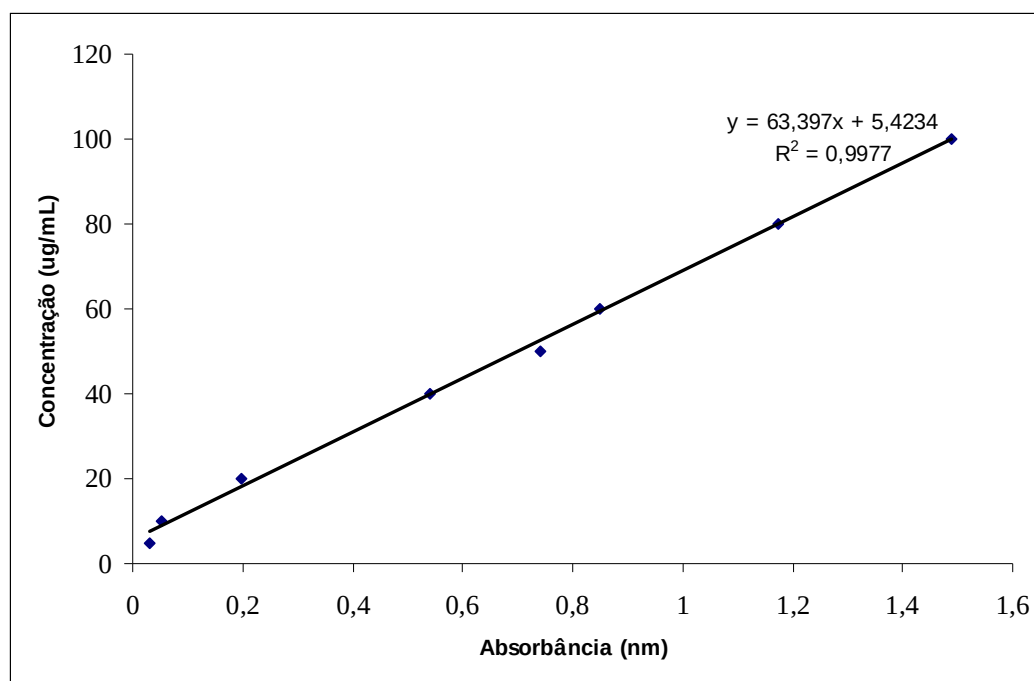
APÊNDICE



Curva de calibração do ácido gálico para o cálculo do teor de compostos fenólicos totais



Curva de calibração do ácido gálico para o cálculo do teor de compostos fenólicos totais



Curva de calibração do ácido gálico para o cálculo do teor de compostos fenólicos totais