

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE FARMÁCIA

ANNA LÍDYA DA CUNHA QUINTÃO

**EFEITOS DA RADIAÇÃO GAMA NA QUALIDADE DE
MORANGOS cv. ALBION**

Belo Horizonte

2018

ANNA LÍDYA DA CUNHA QUINTÃO

**EFEITOS DA RADIAÇÃO GAMA NA QUALIDADE DE MORANGOS
cv. ALBION**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestra em Ciência de Alimentos.

Orientadora: Profa. Camila Argenta Fante

Coorientadora: Profa. Thais Rotsen Correa

Belo Horizonte

2018

Q7e

Quintão, Anna Lídy da Cunha.

Efeitos da radiação gama na qualidade de morangos cv. Albion /
Anna Lídy da Cunha Quintão – 2018.

99 f. : il.

Orientadora: Camila Argenta Fante.

Coorientadora: Thais Rotsen Correa.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais,
Faculdade de Farmácia, Programa de Pós-Graduação em Ciência de
Alimentos.

1. Alimentos – Conservação – Teses. 2. Irradiação de alimentos –
Teses. 3. Segurança alimentar – Teses. 4. Cromatografia – Teses. 5.
Frutas – Análise – Teses. I. Fante, Camila Argenta. II. Correa, Thais
Rotsen. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Faculdade de
Farmácia. IV. Título.

CDD: 664.8



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DE ALIMENTOS

PPGCA

FOLHA DE APROVAÇÃO

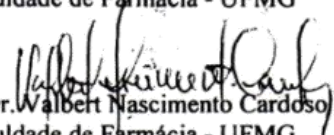
EFEITOS DA RADIAÇÃO GAMA NA QUALIDADE DE MORANGOS cv. Albion

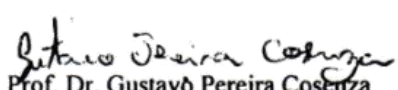
ANNA LIDYA DA CUNHA QUINTÃO

Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em CIÊNCIA DE ALIMENTOS, como requisito para obtenção do grau de Mestre em CIÊNCIA DE ALIMENTOS, área de concentração CIÊNCIA DE ALIMENTOS.

Aprovada em 17 de agosto de 2018, pela banca constituída pelos membros:


Prof. Dra. Camila Argenta Fante – Orientadora e Presidente da Comissão
Faculdade de Farmácia - UFMG


Prof. Dr. Walbert Nascimento Cardoso
Faculdade de Farmácia - UFMG


Prof. Dr. Gustavo Pereira Cosenza
Faculdade de Farmácia - UFMG

Belo Horizonte, 17 de agosto de 2018.

Aos meus pais, Raul e Ana Lúcia,
com todo o meu coração,
dedico.

AGRADECIMENTOS

A necessidade de agradecer consiste no reconhecimento das pessoas e fatores que permitiram a realização de algo em nossa vida.

Portanto, agradeço a Deus por me conceder esta oportunidade e por sempre estar presente, me abençoando e colocando pessoas maravilhosas em meu caminho.

À Universidade Federal de Minas Gerais e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos pela oportunidade de realização do curso e deste trabalho.

À professora Camila, pela orientação, ensinamentos, suporte e dedicação ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

À professora Inayara, a Vivi, a Priscila, o Dhionne, o Gustavo, a Elaine e a Luísa, pela disposição em me ajudar.

Aos professores Roberto, Thais e Roseane, pela contribuição neste trabalho.

A todos os professores pelos ensinamentos que contribuíram para a melhoria da minha formação profissional.

Aos colegas da pós-graduação, pela agradável convivência.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio financeiro.

Ao Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear (CDTN) pela irradiação dos morangos.

Aos meus pais, Raul e Ana Lúcia, os quais sem o apoio eu não teria chegado até aqui e a minha irmã, Anna Paula, por sempre acreditar na minha capacidade.

A toda a minha família e amigos que me ajudaram de alguma forma ou torceram por mim.

Agradeço a todos que contribuíram e fizeram parte dessa etapa da minha vida.

Muito obrigada!

*"Um dia quando olhares para trás verás que os dias
mais belos foram aqueles em que lutaste."*

Sigmund Freud

RESUMO

O morango é um fruto muito perecível com uma vida útil máxima de 3 dias à temperatura ambiente sendo vulnerável à deterioração pós-colheita, mesmo quando armazenados sob refrigeração. A tecnologia de radiação gama tem a capacidade de inativar microrganismos sem alterar a temperatura, o que pode evitar alterações no sabor, cor e valor nutritivo dos alimentos como os ocorridos pelo calor. Nesse contexto, o presente trabalho objetivou determinar o período de conservação com qualidade de morangos submetidos a diferentes doses de irradiação gama. Os morangos foram submetidos às doses de irradiação gama 0; 0,8; 1,6 e 2,4 kGy e armazenados por até 9 dias a $10\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $90\pm 5\%$ UR. As análises foram realizadas a cada 3 dias, a partir do dia 0, sendo analisada as antocianinas pelo método do pH diferencial, os compostos fenólicos pelo método colorimétrico e o perfil desses compostos pelo método cromatográfico. O ácido ascórbico foi determinado pelo método cromatográfico e as propriedades colorimétricas foram realizadas utilizando um colorímetro com determinação no sistema CIE $L^*a^*b^*$. Nas análises microbiológicas foram determinados os números mais prováveis de coliformes totais e coliformes termotolerantes, contagem de bolores e leveduras e *Salmonella* spp. O tratamento de irradiação não interferiu no conteúdo de antocianinas ao longo do tempo de armazenamento avaliado. A irradiação em baixas doses e sob refrigeração possibilitou um acréscimo de três dias no período de comercialização dos morangos. Foi possível notar que as doses utilizadas não influenciaram na perda dos compostos fenólicos, ocorrendo a manutenção desses compostos com a aplicação da radiação gama ao longo do armazenamento. Verificou-se que a variação nos valores do ácido ascórbico pode ser devido ao armazenamento pós-colheita dos frutos e não ao tratamento de irradiação. As doses aplicadas não interferiram na cor vermelha característica do morango. Para a correlação dos dados, poucas correlações positivas moderadas foram encontradas entre as variáveis quantitativas. Os frutos irradiados na dose 2,4 kGy mostraram-se mais eficiente no controle dos microrganismos durante o período avaliado, sendo está a dose mais ideal a ser utilizada para o aumentar a vida útil dos morangos da cv. Albion.

Palavras-chave: Conservação de alimentos. Irradiação de alimentos. Segura alimentar. Métodos cromatográficos.

ABSTRACT

Strawberry is a very perishable fruit with a maximum shelf life of 3 days at room temperature being vulnerable to post-harvest deterioration, even when stored under refrigeration. Gamma radiation technology has the ability to inactivate microorganisms without changing the temperature, avoiding the deterioration of the taste, color and nutritional value of foods such as those caused by heat. In this context, the present work aimed to determine the period of conservation with quality in strawberries submitted to different doses of gamma irradiation. The strawberries were submitted to doses of gamma irradiation 0; 0.8; 1.6 and 2.4 kGy and stored for up to 9 days at 10 ± 1 °C and $90\pm 5\%$ RH. The analyzes were performed every 3 days from day 0, and the anthocyanins were analyzed by the differential pH method, the phenolic compounds by the colorimetric method and the profile of these compounds by the chromatographic method. The ascorbic acid was determined by the chromatographic method and the colorimetric properties were performed using a colorimeter with determination in the system CIE $L^* a^* b^*$. In the microbiological analyzes, the most probable numbers of total coliforms and thermotolerant coliforms, mold and yeast counts and *Salmonella* spp. Irradiation in low doses and under refrigeration allowed an increase of three days in the commercialization period of the strawberries. The irradiation treatment did not interfere with the anthocyanin content over the assessed storage time. It was possible to observe that the doses used did not influence the loss of the phenolic compounds, occurring the maintenance of these compounds with the application of the gamma radiation throughout the storage. It was verified that the variation in ascorbic acid values may be due to the post-harvest storage of the fruits and not to the irradiation treatment. The applied doses did not interfere in the characteristic red color of the strawberry. For the correlation of the data, few moderate positive correlations were found among the quantitative variables. The fruits irradiated at dose 2.4 kGy were more efficient in the control of microorganisms during the evaluated period, being the best dose to be used to increase the shelf life of the strawberries of the cv. Albion.

Keywords: Food preservation. Food irradiation. Safe food. Chromatographic methods.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Morango com a representação do receptáculo floral	22
Figura 2 - Estruturas dos compostos flavonoides.....	28
Figura 3 - Estruturas dos compostos não flavonoides.....	29
Figura 4 - Radura, símbolo internacional que identifica alimentos irradiados.....	33
Figura 5 - Esquema de um irradiador de alimentos	34
Figura 6 - Morangos cv. Albion acondicionados em embalagens de plástico.....	41
Figura 7 - Diagrama de cromaticidade $L^*a^*b^*$	45
Figura 8 - Valores de compostos fenólicos de morangos cv. Albion armazenados por até 9 dias sob refrigeração ($10\pm 1^\circ\text{C}$) e $90\pm 5\%$ UR (A) e submetidos a diferentes doses de irradiação gama (0; 0,8; 1,6; 2,4 kGy) (B).....	50
Figura 9 - Perfil cromatográfico de compostos fenólicos em morangos sem irradiação (A) e irradiados (B) por cromatografia líquida de ultra eficiência no comprimento de onda de 271 nm. 1. Ácido gálico, 2. Catequina, 3. Ácido clorogênico, 4. Ácido elágico e 5. Quercetina.....	52
Figura 10 - Valores de catequina de morangos cv. Albion armazenados por até 9 dias sob refrigeração ($10\pm 1^\circ\text{C}$) e $90\pm 5\%$ UR (A) e submetidos a diferentes doses de irradiação gama (0; 0,8; 1,6; 2,4 kGy) (B).....	54
Figura 11 - Valores de ácido elágico de morangos cv. Albion armazenados por até 9 dias sob refrigeração ($10\pm 1^\circ\text{C}$) e $90\pm 5\%$ UR (A) e submetidos a diferentes doses de irradiação gama (0; 0,8; 1,6; 2,4 kGy) (B).....	56
Figura 12 - Cromatograma típico do ácido ascórbico em morangos irradiados por cromatografia líquida de ultra eficiência no comprimento de onda de 254 nm.....	59
Figura 13 - Valores de parâmetros a^* (A), b^* (C) e Chroma (E) de morangos cv. Albion armazenados por até 9 dias sob refrigeração ($10\pm 1^\circ\text{C}$) e $90\pm 5\%$ UR. Parâmetros a^* (B), b^* (D) e Chroma (F) de morangos cv. Albion submetidos a diferentes doses de irradiação gama (0; 0,8; 1,6; 2,4 kGy).....	63

Figura 14 - Morango controle (0 kGy) sob refrigeração ($10\pm 1^{\circ}\text{C}$) e $90\pm 5\%$ UR no nono dia de armazenamento..... 71

Figura 15 - Morangos submetidos a doses de irradiação gama (0,8; 1,6; 2,4 kGy) e armazenados por até 9 dias sob refrigeração ($10\pm 1^{\circ}\text{C}$) e $90\pm 5\%$ UR..... 72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição nutricional do morango.....	25
Tabela 2 - Valores de antocianinas em morangos tratados com diferentes doses de irradiação gama (0; 0,8; 1,6; 2,4 kGy) armazenados por até 9 dias sob refrigeração ($10\pm 1^{\circ}\text{C}$) e $90\pm 5\%$ UR.....	49
Tabela 3 - Valores de ácido gálico em morangos tratados com diferentes doses de irradiação gama (0; 0,8; 1,6; 2,4 kGy) armazenados por até 9 dias sob refrigeração ($10\pm 1^{\circ}\text{C}$) e $90\pm 5\%$ UR.....	53
Tabela 4 - Valores de ácido clorogênico em morangos tratados com diferentes doses de irradiação gama (0; 0,8; 1,6; 2,4 kGy) armazenados por até 9 dias sob refrigeração ($10\pm 1^{\circ}\text{C}$) e $90\pm 5\%$ UR.....	55
Tabela 5 - Valores de quercetina em morangos tratados com diferentes doses de irradiação gama (0; 0,8; 1,6; 2,4 kGy) armazenados por até 9 dias sob refrigeração ($10\pm 1^{\circ}\text{C}$) e $90\pm 5\%$ UR.....	57
Tabela 6 - Valores de ácido ascórbico em morangos tratados com diferentes doses de irradiação gama (0; 0,8; 1,6; 2,4 kGy) armazenados por até 9 dias sob refrigeração ($10\pm 1^{\circ}\text{C}$) e $90\pm 5\%$ UR.....	60
Tabela 7 - Valores de ângulo Hue em morangos tratados com diferentes doses de irradiação gama (0; 0,8; 1,6; 2,4 kGy) armazenados por até 9 dias sob refrigeração ($10\pm 1^{\circ}\text{C}$) e $90\pm 5\%$ UR.....	64
Tabela 8 - Valores de parâmetro L^* em morangos tratados com diferentes doses de irradiação gama (0; 0,8; 1,6; 2,4 kGy) armazenados por até 9 dias sob refrigeração ($10\pm 1^{\circ}\text{C}$) e $90\pm 5\%$ UR.....	65
Tabela 9 - Correlação dos dados do ácido ascórbico, dos fenólicos totais, das antocianinas, do ácido gálico, do ácido clorogênico, da catequina, do ácido elágico, da quercetina, dos parâmetros L^* , a^* , b^* , do chroma e do ângulo Hue.....	69

Tabela 10 - Resultado das análises microbiológicas para morangos tratados com diferentes doses de irradiação gama (0; 0,8; 1,6; 2,4 kGy) armazenados por até 9 dias sob refrigeração ($10\pm 1^{\circ}\text{C}$) e $90\pm 5\%$ UR..... 71

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1.1	44
Equação 1.2	45
Equação 2.1	48
Equação 2.2	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

% - Porcentagem

± - Mais ou Menos

® - Marca Registrada

° - Graus

°Brix - Graus Brix

°C - Graus Celsius

µm - Micrômetro

¹³⁷ Cs - Césio-137

⁶⁰ Co - Cobalto-60

a* - Indicador de cor (+ vermelho e – verde)

ANOVA - Análise de variância

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária

AOAC - Association of Official Analytical Chemists

b* - Indicador de cor (+ amarelo e – azul)

C* - Chroma (saturação da cor)

CDTN - Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear

CEASA - Central Estadual de Abastecimento

cm - Centímetro

CNEN- Comissão Nacional de Energia Nuclear

cv - Cultivar

DIC - Delineamento Inteiramente Casualizado

DNA - Ácido desoxirribonucléico

DP - Desvio padrão

EDTA - Ácido etilenodiamino tetra-acético

Eq - Equação

et al. - E Outros (*et alli*); E Colaboradores

FAFAR - Faculdade de Farmácia

FDA - Food and Drug Administration

g - Gramas
Gy - Gray
HE - Entérico de Hecktoen
Hue - Ângulo de tonalidade cromática
IAEA - International Atomic Energy Agency
IAL- Instituto Adolfo Lutz
kg - Quilograma
kGy - Quilogray
L* - Luminosidade
LIA - Lisina Ferro
LST- Lauril Sulfato Triptose
M - Molar
Mg - Miligrama
Min - Minuto
mL - Mililitro
mM - Milimolar
n°- Número
nm - Nanômetro
NMP g⁻¹ - Número mais provável por grama
p - Página
PET - Polietileno tereftalato
pH- Potencial hidrogeniônico
PM- Peso molecular
ppm - Partes por milhão
r - Coeficiente de correlação linear simples
RDC - Resolução da Diretoria Colegiada
SS - *Samonella-Shigella*
TSI - Tríplice açúcar ferro
UFC g⁻¹ - Unidades formadoras de colônias por grama
UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais
UPLC - Ultra Performance Liquid Chromatography

UR - Umidade Relativa

USA - Estados Unidos da América

USP - Universidade de São Paulo

UV - Ultravioleta

v/v - Volume / volume

VB - Verde Brilhante

XLD - Xilose Lisina Desoxicolato

α - Alfa

ϵ - Absortividade molar

λ - Lambda

μm - Micrômetro

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	19
2. OBJETIVOS	21
2.1. Objetivo Geral	21
2.2. Objetivos Específicos	21
3. REVISÃO DA LITERATURA	22
3.1. Morango	22
3.2. Aspectos nutricionais	24
3.3. Refrigeração	30
3.4. Irradiação de Alimentos	31
3.5. Efeitos da Irradiação nos Alimentos	34
3.6. Aceitação de Alimentos Irrradiados	38
4. MATERIAL E MÉTODOS	40
4.1. Material	40
4.2. Métodos	40
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
6. CONCLUSÃO	75
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76

1. INTRODUÇÃO

Os consumidores modernos estão interessados em consumir alimentos que, além de saudáveis, também sejam capazes de prevenir doenças, oferecendo algo mais à saúde. Uma alimentação adequada é de extrema importância, estando o consumo regular de frutas e hortaliças associado à prevenção e à redução de risco de doenças crônicas, como câncer e doenças cardiovasculares.

Neste contexto, as pequenas frutas vêm despertando a atenção dos produtores e do mercado consumidor mundial, sendo o morango um dos mais importantes representantes deste grupo. Características sensoriais e físicas como coloração e sabor (gosto e aroma), tornam estes frutos, na forma ao natural e processada, candidatos, em potencial, a exportações, bem como alternativas para geração de renda, mesmo no mercado interno.

O morango apresenta elevada atividade antioxidante, a qual está relacionada ao conteúdo de compostos fenólicos. O principal grupo dos compostos fenólicos presente nesse fruto é o dos flavonoides, com importantes propriedades antioxidantes e anticarcinogênicas. É possível destacar nesse grupo as antocianinas que são responsáveis pela coloração vermelha, sendo sua concentração e sua composição fundamental para a qualidade sensorial dos frutos e de seus produtos, além de poder atuar como antioxidante, no mecanismo de defesa e nas funções biológicas.

A colheita do morango é uma das operações mais importantes do ciclo da cultura, porque os frutos são muito perecíveis, delicados e pouco resistentes devido a sua epiderme delgada, elevado teor de água e alto metabolismo. Quando colhidos muito maduros, poderão chegar ao mercado em decomposição e quando colhidos ainda verdes, apresentarão alta acidez, adstringência e ausência de aroma. Nesse sentido, os morangos possuem vida pós-colheita curta, devido à rápida deterioração causada por fungos, à elevada taxa respiratória e ao aumento da produção de etileno, mesmo quando armazenados sob refrigeração. Dessa forma, de 30-40% dos frutos são perdidos entre a colheita e o consumo devido à sua elevada fragilidade.

Um método muito eficaz para manutenção da qualidade dos frutos é o uso da refrigeração, pois consegue remover e minimizar a geração de calor dos frutos através da diminuição da atividade respiratória, produção de etileno e ação de enzimas oxidativas e degradativas. No entanto, em muitos casos é necessário associar a

refrigeração com outros métodos de conservação, preservando assim os aspectos de qualidade pós-colheita. Neste contexto, a utilização de radiação gama aparece como uma alternativa, sendo uma forma de conservação aliada à refrigeração que ajuda na conservação microbiológica pós-colheita.

A radiação gama na pós-colheita de frutas e hortaliças tem a capacidade de eliminar ou reduzir a contaminação de microrganismos patogênicos e deteriorantes sem alterar, dependendo da dose, seu sabor e sua qualidade nutricional. É empregada também para retardar o processo germinativo em alimentos de origem vegetal. Dessa forma, a irradiação por raios gama, produzidos pelo Cobalto-60, é utilizada para prolongar a vida pós-colheita de muitos frutos, controlando as perdas e as infecções por microrganismos patógenos.

Além disso, a irradiação de alimentos tem recebido atenção crescente nas últimas décadas em todo o mundo, devido às vantagens que apresenta em relação aos métodos convencionais de processamento. Neste contexto, a irradiação diferencia-se beneficemente por não deixar resíduo e não alterar a temperatura dos produtos tratados. Uma das grandes vantagens dessa tecnologia é proporcionar a opção de irradiar os produtos já embalados ou a granel, preservando assim a aparência dos mesmos por diminuir o manuseio.

Os efeitos do tratamento de radiação gama nos níveis de antioxidantes e fitoquímicos dependem da dose aplicada, dos solventes utilizados para extração, das características de cada produto e da sensibilidade de cada fitoquímico. Estudos que investigam as modificações químicas induzidas por radiação gama ao longo do tempo de armazenamento em componentes individuais, como os compostos fenólicos, em morangos (cv. Albion) são escassos. Dessa forma, torna-se necessário estudar os efeitos que a radiação gama pode provocar em cada composto fenólico e também em outras características físico-químicas e microbiologias de morangos cv. Albion ao longo do armazenamento.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Determinar o período de conservação com qualidade de morangos cv. Albion submetidos a diferentes doses de radiação gama.

2.2. Objetivos específicos

- Identificar a melhor dose de radiação gama a ser utilizada para aumentar a vida útil de morangos cv. Albion possibilitando um aumento no tempo de comercialização e armazenamento.
- Quantificar e identificar os compostos bioativos ao longo do período de armazenamento de morangos cv. Albion submetido ou não à diferentes doses de radiação gama.
- Verificar os efeitos da radiação gama nos parâmetros da cor de morangos cv. Albion durante o período de armazenamento.
- Identificar correlações significativas entre as variáveis quantitativas.
- Avaliar os aspectos microbiológicos de morangos cv. Albion submetidos à radiação gama ao longo do período de armazenamento.

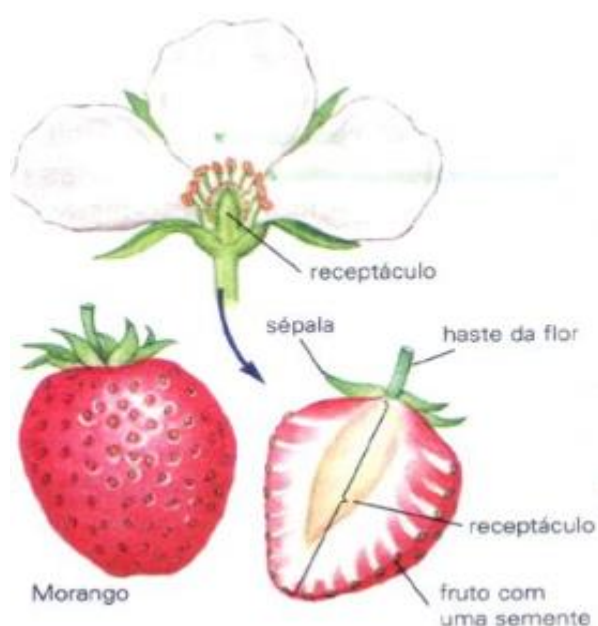
3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. Morango

O morangueiro é uma planta perene e herbácea pertencente à família das Rosáceas do gênero *Fragaria* (GOMES, 2007). A parte comestível é o morango, um pseudofruto, de coloração vermelha brilhante, odor atraente, textura e sabor ligeiramente acidificado (CHITARRA; CHITARRA, 2005; HENRIQUE; CEREDA, 1999).

De acordo com Fernandes (2017) são conhecidas e caracterizadas cerca de 12 espécies de morangos, sua parte comestível é originária do receptáculo das flores, que se torna carnoso e suculento. O fruto verdadeiro são os pequenos aquênios, conhecidos popularmente como sementes (**Figura 1**) (SANHUEZA et al., 2005). A coloração desse fruto é proveniente da presença de antocianinas, e o seu sabor característico é devido aos ácidos cítrico e málico, e dos açúcares como a glicose e a frutose (FERNANDES, 2017; SILVA, 2006).

Figura 1 - Morango com a representação do receptáculo floral.



Fonte: Amantes da Biologia com o professor Alan Calvet, 2016.

Conforme o modelo de respiração, os frutos podem ser divididos em climatérios e não climatérios. O morango está no grupo dos frutos não climatérios, no qual ocorre uma diminuição gradual da respiração e os frutos maduros na colheita não aumentam sua qualidade sensorial depois de colhidos. Por esse motivo, esse tipo de fruto é colhido maduro já prontos para consumo (CANTILLANO; SILVA, 2010).

No Brasil a área cultivada com o morangueiro é de aproximadamente 4300 hectares, estimando-se uma produção anual de 155 mil toneladas. O fruto possui ampla adaptabilidade às mais diversas condições edafoclimáticas, assim seu cultivo é possível em países de clima temperado a tropical (STOCKHAUSEN *et al.*, 2018). Entre as frutas pequenas, é uma das mais consumidas sendo comercializada tanto na forma ao natural ou na forma processada, especialmente na produção de geleias, sorvetes, balas, sucos e iogurtes (OLIVEIRA; NINO; SCIVITTARO, 2005; SANTOS, 1993). Os estados com maior produção são Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (ANTUNES; PERES, 2013; CHAVES, 2014).

Os principais fatores que afetam a cultura do morangueiro são a temperatura e o fotoperíodo, assim as cultivares podem ser divididas de acordo com a necessidade de exposição à luz para florescimento, sendo classificadas em cultivares de dias curtos, neutros e longos (CHAVES, 2014; FRANQUES, 2009). Dentre elas, destacam-se as cultivares de dias curtos, ou seja, cultivares que necessitam de um curto período diário de exposição à luz para frutificação, induzindo as flores em condições de temperaturas maiores que 15°C.

Já as cultivares de dias neutros não dependem do fotoperíodo para frutificar, essas plantas emitem gemas florais em temperaturas abaixo de 28°C por esses motivos são cultivadas no Brasil e asseguram a produção de forma anual. As cultivares de dias longos precisam de um período maior de exposição à luz, sendo assim pouco empregadas comercialmente (BORDIGNON JR, 2008; CALVETE *et al.*, 2008; CHAVES, 2014; FRANQUES, 2009).

Mesmo existindo muitas cultivares de morango no Brasil, as mais empregadas são 'Oso Grande', 'Camarosa', 'Albion' e 'Aromas' (ANTUNES; PERES, 2013; CALVETE *et al.*, 2008; RADIN *et al.*, 2011). A escolha correta da cultivar é de extrema importância para o sucesso da produção, pois com base nessa escolha serão adotados modos culturais apropriados, obtendo assim frutos com maior qualidade

(ANTUNES; PERES, 2013). A 'Albion' é uma variedade originária da Califórnia, que produz frutos grandes, de consistência firme e de cor vermelha. É uma cultivar que apresenta elevado rendimento sendo classificada como cultivar de fotoperíodo neutro (SAMYKANNO; PANG; MARRIOTT, 2013).

Apesar das vantagens do seu consumo, o fruto é muito perecível, devido à elevada sensibilidade ao ataque de fungos que restringem a sua comercialização (PRASANNA; PRABHA; THARANTHAN, 2007). Devido à falta de uma camada que o proteja e à sua textura frágil são susceptíveis à perda de água e injúrias mecânicas, dificultando sua sanitização (HERNÁNDEZ-MUÑOZ *et al.*, 2006; NASSUR *et al.*, 2016).

A vida útil do morango é limitada por no máximo cerca de 3 dias em temperatura ambiente ($25\pm 2^{\circ}\text{C}$) devido a sua vulnerabilidade à degradação pós-colheita relacionado à sua alta taxa de respiração, estresses ambientais e ataques de microrganismos (ZHANG *et al.*, 2003). Jensen *et al.* (2013) afirmam que os principais motivos para as perdas pós-colheita de morangos são processos fisiológicos e bioquímicos, alta perecibilidade, infestação de insetos, contaminação microbiológica e tratamentos pós-colheita.

3.2. Aspectos nutricionais

O morango é uma fruta rica em nutrientes como pode-se observar na **Tabela 1**, sendo fonte de várias vitaminas, como vitamina C, tiamina, riboflavina, niacina, vitamina B6, vitamina A, vitamina E e vitamina K (GIAMPIERI *et al.*, 2012). Os minerais são elementos essenciais para o organismo sendo adquiridos através dos alimentos (ROCHA *et al.*, 2008). Entre os minerais presentes no morango estão o cálcio, ferro, magnésio, fósforo, potássio e zinco.

Tabela 1 - Composição nutricional do morango.

Componente	Média em 100 g
Água(g)	90,95
Valor energético (kcal)	32
Proteína (g)	0,67
Gordura total (g)	0,3
Carboidrato (g)	7,68
Fibra alimentar (g)	2
Monossacarídeos (g)	4,89
Cálcio (mg)	16
Ferro (mg)	0,41
Magnésio (mg)	13
Fósforo (mg)	24
Potássio (mg)	153
Sódio (mg)	1
Zinco (mg)	0,14
Vitamina C (mg)	58,8
Tiamina (mg)	0,024
Riboflavina (mg)	0,022
Niacina (mg)	0,386
Vitamina B6 (mg)	0,047
Ácido fólico (µg)	24
Vitamina A, retinol (µg)	1
Vitamina E, α-tocoferol (mg)	0,29
Vitamina K, fitoquinona (µg)	2,2

Fonte: Adaptado United States Department of Agriculture Agricultural Research Service, 2017.

Dentre as vitaminas presentes no morango a vitamina C é uma das mais importantes, atuando como antioxidante, sendo usada para transformar os radicais livres de oxigênio em formas inertes (ÁVILA, 2012; ROCHA *et al.*, 2008; SILVA; MURA, 2007). Essa vitamina é hidrossolúvel e apresenta um papel fundamental no desenvolvimento e regeneração dos músculos, pele, dentes e ossos, na formação do colágeno, na regulação da temperatura corporal, na produção de diversos hormônios e no metabolismo (ANDRADE *et al.*, 2002).

Os compostos bioativos, também chamados fitoquímicos, exercem uma potente atividade biológica podendo desempenhar muitos benefícios à saúde (ÁVILA, 2012; CARRATU; SANZINI, 2005; ZAFRA-STONE *et al.*, 2007). Os compostos bioativos com alta quantidade de antioxidantes são capazes de prevenir e ou aliviar as dores de doenças crônicas, como doenças cardiovasculares, câncer, doenças neurodegenerativas, inflamações e envelhecimento. Apesar de existir muitos tipos de

antioxidantes, os antioxidantes naturais, como os compostos fenólicos têm apresentado maior atenção (SOUZA, 2013; YOU *et al.*, 2011).

O morango tem inúmeros compostos bioativos e elevada atividade antioxidante, que conferem vários benefícios à saúde (AABY *et al.* 2007; HANNUM, 2004). Pesquisas apontam que a atividade antioxidante estaria relacionada não só com os conteúdos totais desses compostos, mas com a composição dos mesmos (NAKAJIMA *et al.*, 2004; RUBERTO *et al.*, 2007).

Segundo Giampieri *et al.* (2013) estudos tem comprovado que o consumo de morango diminui o risco de doenças cardiovasculares e devido aos fitoquímicos presentes ele também tem propriedades anti-inflamatórias e anticancerígenas. Outros estudos comprovam que o morango possui ação anticarcinogênica (KATSUBE *et al.*, 2003; OLSSON *et al.*, 2007; SEERAM; ADAMS; ZHANG, 2006) e anticoagulante (TORRES *et al.*, 2008), melhora a função cognitiva através da proteção do cérebro (JOSEPH *et al.*, 1999) e ajuda na prevenção do diabetes e no mal de Alzheimer (ABDILLE *et al.*, 2005; HERTOOG *et al.*, 1997). Além disso, sua ingestão proporciona a capacidade de reduzir a suscetibilidade a infecções e apresenta efeito diurético (ROCHA *et al.*, 2008).

Os compostos fenólicos são produtos ou metabolitos secundários, geralmente derivado de reações de defesa das plantas contra agressões externas. Com mais de 8000 compostos fenólicos encontrados em plantas, são substâncias amplamente distribuídas na natureza, esse amplo grupo faz parte dos constituintes de diversas frutas e vegetais (SILVA *et al.*, 2010).

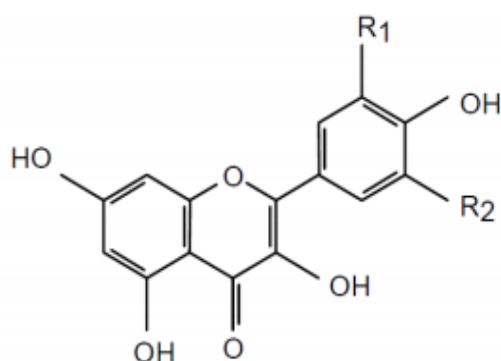
Os compostos fenólicos são classificados em flavonoides e não flavonoides, esses compostos são provenientes do metabolismo secundário das plantas, sendo fundamental para o seu crescimento e reprodução. São sintetizados por via biossintética comum, incorporando precursores das vias do ácido chiquímico e do acetato-malonato (ÁVILA, 2012; PINELI, 2009).

A fenilalanina, obtida pela via do ácido chiquímico, perde uma molécula de amônia, origina o ácido cinâmico pela ação da enzima fenilalanina amônia-liase. Essa enzima é a principal enzima da via do ácido chiquímico sendo a mesma afetada pela ação de hormônios, níveis de nutrientes, luz, estresse, infecções por fungos e lesões (ÁVILA, 2012; PINELI, 2009). Os flavonoides são formados por compostos aromáticos

derivados de aminoácido fenilalanina e do malonil-CoA, que pela ação da chalcona sintase, formam o precursor comum dos flavonoides, a chalcona. A partir da chalcona formam-se os seis maiores subgrupos de flavonoides encontrados na maioria das plantas superiores: chalconas, favonas, flavononas, flavonóis, antocianinas, flavanóis (**Figura 2**) (ÁVILA, 2012; HASSIMOTTO, 2005).

Figura 2 - Estruturas dos compostos flavonoides.

Flavonóis

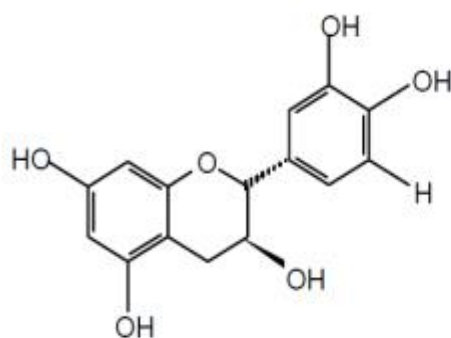


R₁=H R₂=H Kampferol

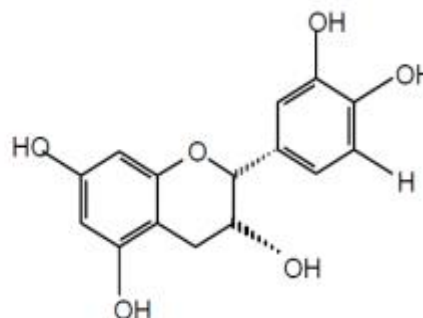
R₁=OH R₂=H Quercetina

R₁=OH R₂=OH Miricetina

Flavanóis

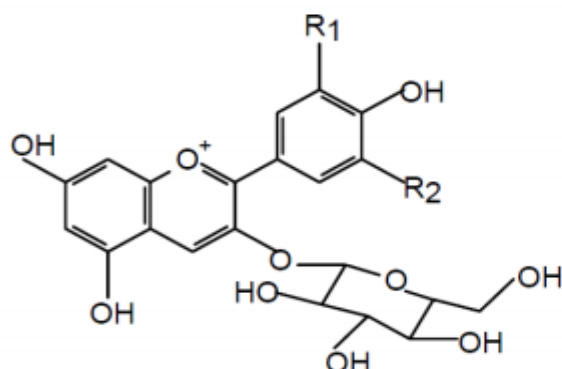


(+)- Catequina



(-)- Epicatequina

Antocianinas



R₁=OH R₂=H 3-G-Cianidina

R₁=H R₂=H 3-G-Perlagonidina

R₁=OCH₃ R₂=OCH₃ 3-G-Malvidina

Fonte: Ávila, 2012.

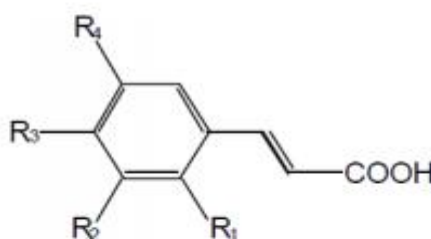
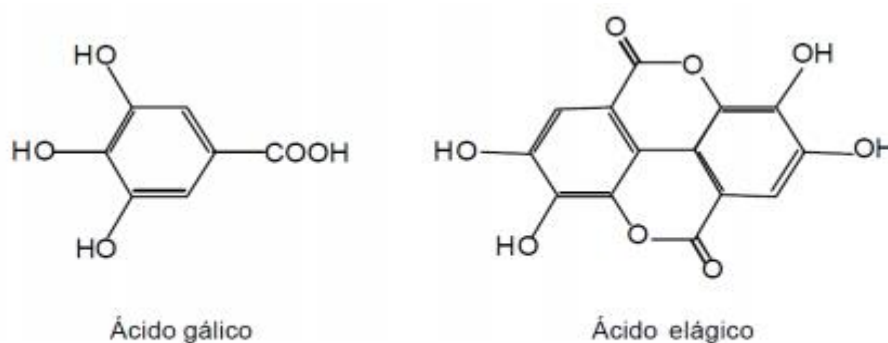
Um outro grupo de fenólicos importante é o dos não flavonoides, que é constituído pelos seguintes compostos: ácido fenólicos, ácido benzoico e derivados (hidroxibenzoicos, ácido gálico e elágico); ácido cinâmicos e derivados (cumárico,

caféico, ferúlico e cloragênico) e os taninos que são polifenóis onde os de natureza hidrolisável são polímeros de ácido gálico e elágico (**Figura 3**) (ÁVILA, 2012).

Figura 3 - Estruturas dos compostos não flavonoides.

Ácidos Fenólicos

Ácidos Benzóicos e derivados



Ácidos cinâmicos

Ácido	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄
Ferúlico	H	H	OH	OCH ₃
<i>p</i> -cumárico	H	H	OH	H
Cafeico	H	H	OH	OH

Fonte: Ávila, 2012.

Segundo Hannum (2004) os principais compostos fenólicos encontrados nos morangos são o ácido elágico e alguns flavonoides, como as antocianinas, a catequina, a quercetina e o campfenol (SOUZA, 2013). Esses frutos também contêm outras variedades de ácidos fenólicos como derivados de ácido hidroxicinâmico, como o ácido cafeico e ácido hidroxibenzóico, como o ácido gálico (AABY; EKEBERG; SKREDE, 2007; AABY; SKREDE; WROLSTAD, 2005; AABY *et al.*, 2012; BUENDIA

et al., 2010; MÄÄTTÄ-RIIHINEN *et al.*, 2004; MATTILA; HELLSTROM; TÖRRÖNEN, 2006).

As antocianinas são um grupo de pigmentos solúveis em água com propriedades antioxidantes, sendo responsáveis pela cor vermelha dos morangos. As principais antocianinas presentes nos morangos são a pelargonidina 3-glicosídeo e cianindina 3-glicosídeo (ZABETAKIS; LECLERC; KAJDA, 2000). Diversos estudos têm apresentado os efeitos positivos das antocianinas, como antioxidante, anti-inflamatórios e protetor de doenças cardiovasculares (VIZZOTO, 2012).

Chaves (2014) demonstrou em seu trabalho com diferentes cultivares de morangos que existe uma ampla variação nos teores dos compostos fenólicos entre a maioria das cultivares estudadas. Diversos fatores podem afetar o conteúdo de polifenóis das plantas, como o amadurecimento no momento da colheita, o genótipo, fatores ambientais, processamento e armazenamento (CRESCENTE-CAMPO *et al.*, 2012; PICCHI *et al.*, 2012).

3.3. Refrigeração

A conservação de frutas e hortaliças por meio do frio é baseado no fato de que as baixas temperaturas de armazenamento permitem reduzir a velocidade de certos processos fisiológicos como a respiração, a transpiração e o amadurecimento. Dessa forma o período de armazenamento e a qualidade do produto são prolongados por mais tempo (CHITARRA; CHITARRA, 2005; JAY, 2005).

Segundo Chitarra e Chitarra (2005) o processo de refrigeração consiste em minimizar a geração de calor dos frutos e vegetais diminuindo a intensidade da atividade respiratória, produção de etileno e ação de enzimas degradativas e oxidativas. A refrigeração, ao reduzir a intensidade respiratória, também reduz as perdas de aroma, sabor, cor, textura e outros atributos de qualidade do alimento armazenado (FILGUEIRAS; CHITARRA; CHITARRA, 1996).

A temperatura, a umidade relativa e a velocidade de circulação do ar são fatores que afetam o armazenamento refrigerado. Cada espécie de fruta e hortaliça tem uma temperatura específica a qual deve-se manter uniforme para uma conservação adequada. A distribuição adequada dos produtos e a circulação de ar apropriada

ajudam a diminuir as flutuações de temperatura dentro da câmara fria (EMBRAPA, 2013).

Uma umidade muito baixa causa desidratação do vegetal e se for muito alta aumentam a deterioração. Para a maioria vegetais é recomendado uma alta umidade relativa do ar, entre 90% e 95% (EMBRAPA, 2013). Para a temperatura, foi verificado em um estudo que a mesma é mantida, em média, acima de 10 °C nos estabelecimentos comerciais que armazenam hortaliças minimamente processadas (NASCIMENTO *et al.*, 2003).

O armazenamento refrigerado permite controlar o crescimento rápido dos microrganismos, aumentando assim a conservação dos alimentos (LIDON, 2008). Jay (2005) cita que a razão para a inibição do crescimento microbiano é que as reações metabólicas dos microrganismos são catalisadas por enzimas e a taxa de reação catalisada enzimaticamente depende da temperatura. Assim, com a redução da temperatura, ocorre uma redução na taxa de reação (SOUZA *et al.*, 2013).

Entretanto, mesmo sendo um dos principais métodos para conservação da qualidade dos frutos muitas vezes é insuficiente para impedir a ocorrência de distúrbios fisiológicos (LEME, 2008). Assim, é comum combinar a refrigeração com outras técnicas de conservação para estender a vida útil dos frutos como a tecnologia de conservação de alimentos por radiação gama. A irradiação dos alimentos é um método utilizado como pré-processamento de produtos resfriados, uma vez que tem a capacidade de destruir microrganismos patogênicos e deteriorantes presentes nos alimentos (ORNELLAS *et al.*, 2006; SOUZA *et al.*, 2013).

3.4. Irradiação de Alimentos

As frutas ao natural apresentam grande quantidade de microrganismos por isso é preciso que estas passem por algum processamento para a eliminação dos mesmos, eliminando assim a probabilidade de contaminações alimentares. Dessa forma é exigido que o processo proporcione a segurança microbiana do produto, preservando as características sensoriais e nutricionais semelhante à matéria-prima (SONG *et al.*, 2007).

As radiações eletromagnéticas movem-se através do espaço em forma de ondas tais como, micro-ondas, infravermelhas, ultravioleta e raios gama. Em alimentos, a técnica de irradiação mais utilizada baseia-se no uso de uma faixa específica da energia eletromagnética chamada radiação ionizante com raios gama (ANDREWS *et al.*, 1998). A radiação se refere à energia que se move através do espaço na forma de ondas eletromagnéticas, ou seja, é relativo aos processos físicos de emissão e propagação de energia, já o termo irradiação é utilizado para aplicação da radiação ionizante em um material, atingindo os objetivos pré-determinados (CASTELUCCI, 2015; CNEN, 2014).

Na antiguidade já se utilizava a radiação em alimentos através da energia solar para a preservação de carnes, peixes, frutas e vegetais. Em 1895, com a descoberta da radioatividade, a radiação ionizante começou a ser usada como técnica de conservação de alimentos. Ainda neste ano uma publicação alemã, recomendou o uso da energia ionizante para a destruição de microrganismos patogênicos e deteriorantes em alimentos. No começo de 1900, essa técnica foi patenteada nos Estados Unidos e no Reino Unido (DEL MASTRO, 1999; TEZOTTO-ULIANA *et al.*, 2015).

No Brasil, a primeira pesquisa sobre irradiação em alimentos foi por volta de 1968, por pesquisadores do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP). A primeira regulamentação sobre seu uso foi criada em 1973 através do decreto nº 72718 que apresentou normas sobre a irradiação dos alimentos desde a sua elaboração, armazenamento, transporte, distribuição, importação, exportação e exposição à venda (BRASIL, 1973; SANTILLO, 2011).

Atualmente a ANVISA regulamenta as normas para o uso da irradiação para alimentos no Brasil com a RDC nº 21 de 26 de janeiro de 2001 a qual informa que qualquer alimento poderá ser tratado por radiação desde que a dose mínima absorvida seja o suficiente para alcançar a finalidade pretendida e a dose máxima absorvida seja inferior àquela que comprometeria as propriedades funcionais e ou os atributos sensoriais do alimento. Essa RDC exige que os alimentos irradiados sejam rotulados com a frase: "Alimento tratado por processo de irradiação" e quando um produto irradiado é usado como ingrediente em outro alimento, deve ser informado na embalagem do produto final. O rótulo dos alimentos irradiados deve possuir o símbolo internacional da radiação ionizante, chamado Radura (**Figura 4**) (BRASIL,

2001). No símbolo as folhas representam o alimento, o círculo central a fonte de irradiação e o círculo externo tracejado a embalagem susceptível à irradiação (PIMENTEL; SPOTO; WALDER, 2007).

Figura 4 - Radura, símbolo internacional que identifica alimentos irradiados.



Fonte: MPR, 2001.

A Norma Geral Codex é um Código Internacional de Recomendações Práticas no Processamento de alimentos irradiados, que apresenta diferentes aplicações específicas de irradiação de alimentos as quais são aprovados pelas legislações nacionais em mais de 55 países. O Brasil segue esta norma entre outras como recomendações internacionais recomendadas pela *Food and Agriculture Organization* (FAO), *International Atomic Energy Agency* (IAEA) e *Codex Alimentarium* (ALVES, 2016; FARKAS; MOHÁCSI-FARKAS, 2011; MOREHOUSE 2002; RODRIGUES *et al.*, 2012).

A irradiação de alimentos é aprovada por órgãos como o *Food and Drug Administration*, o *Codex Alimentarius Commission*, a *World Health Organization*, a *American Medical Association* e o *Institute of Food Technologies* (AKRAN; KWON, 2010). Segundo Kume *et al.* (2009) mais de 60 países possuem legislação aprovando o uso da tecnologia em torno de 100 tipos de alimentos.

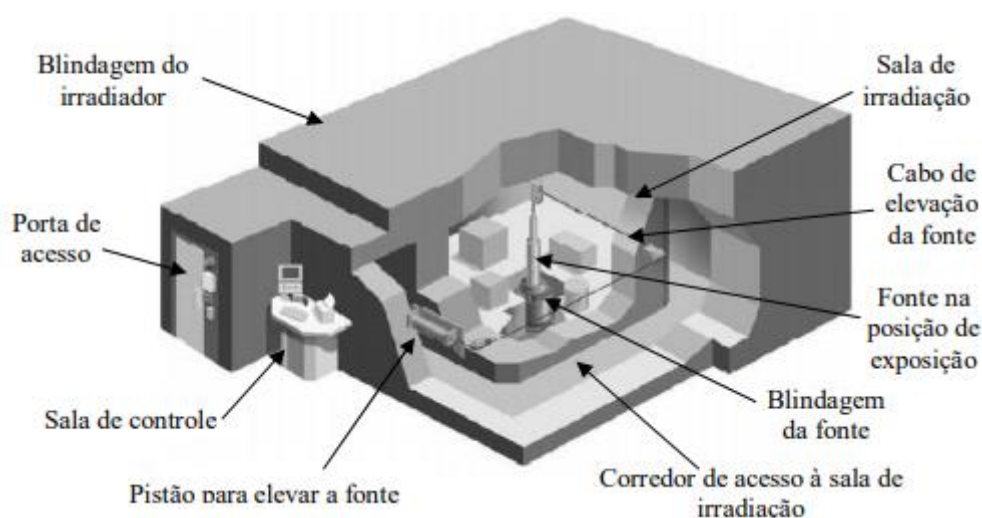
O processo consiste na exposição dos alimentos, embalados ou a granel, a uma dose controlada de radiação ionizante em um determinado período de tempo (CASTELUCCI, 2015; CENA, 2015). Existem duas fontes de radiação, o Cobalto-60 (^{60}Co) e o Césio-137 (^{137}Cs), considerados para uso comercial, devido à emissão de raios gama de energias adequadas. Sendo o ^{60}Co o mais utilizado devido à sua forma metálica e à insolubilidade em água, gerando maior segurança ambiental (CAMPOS,

2008; SILVA; ROZA, 2010). O ^{60}Co é um isótopo radioativo do metal cobalto presente na natureza, obtido pelo bombardeamento com nêutrons do metal Cobalto-59, que não é radioativo, em um reator nuclear, apresenta meia vida de 5 anos. O ^{137}Cs é um dos produtos de fissão do urânio e do plutônio, com meia vida de 30 anos (MOLLER, 2014; SCOLFORO, 2014).

A instalação industrial de irradiação de alimentos deve ser licenciada, regulamentada e inspecionada pelas autoridades nacionais de segurança radiológica e de saúde. A sala de irradiação precisa possuir blindagem de concreto para garantir que a radiação ionizante não escape para fora da sala (FANTE, 2011; FATOS, 1999).

Os produtos a serem irradiados são transportados até a sala de irradiação, em seguida é dado o comando para que a fonte de radiação gama seja exposta em volta dos produtos. Quando a fonte não está sendo utilizada ela é alojada em uma piscina funda abaixo do nível do piso que funciona como blindagem absorvendo a energia, já que a mesma emite radiação constantemente (RODRIGUES JUNIOR, 2014). Um esquema de irradiador gama está representado na **Figura 5**.

Figura 5 – Esquema de um irradiador de alimentos.



Fonte: Rodrigues Junior, 2014.

Os produtos irradiados podem ser transportados, armazenados ou consumidos imediatamente após o tratamento (CASTELUCCI, 2015; CENA, 2015). Marques e

Costa (2013) complementam que o alimento é exposto a uma quantidade rigidamente controlada de radiação sem contato direto deste com a fonte que transmite a radiação.

O tratamento em frutas e hortaliças é realizado em baixas doses, é rápido e não altera a temperatura dos produtos. É uma tecnologia de conservação de alimentos que não deixa resíduos, uma vez que consiste na interação da radiação gama emitida pelo Cobalto-60 com o produto, não existindo nenhuma probabilidade de contato humano com o material radiativo (PIMENTEL; SPOTO; WALDER, 2007).

3.5. Efeitos da Irradiação nos Alimentos

A irradiação de alimentos é aplicada para obter qualidade higiênico-sanitária e aumentar a vida útil do produto, assim o alimento preserva suas características físicas, químicas, microbiológicas e sensoriais ideais para consumo (MARQUES; COSTA, 2013). É eficaz para atrasar o amadurecimento de frutos e inibir o brotamento de raízes, desinfetar vegetais, inativar ou reduzir a contaminação de microrganismos patogênicos e deteriorantes (STEFANOVA; VASILEV; SPASSOV, 2010). Alguns estudos têm demonstrado uma relação entre o uso da irradiação e aumento e/ou preservação dos compostos fenólicos e atividade antioxidante em alimentos de origem vegetal (ANTONIO *et al.*, 2011; CAROCHO *et al.*, 2012).

A irradiação gama surgiu como um método alternativo aos conservantes químicos, visando a conservação da qualidade dos produtos (NASSUR *et al.*, 2016). Quando a irradiação é utilizada em combinação com outros métodos de conservação, como tratamentos térmicos leves, as doses de irradiação podem ser reduzidas sem afetar a qualidade do alimento (LACROIX; OUATTARA, 2000).

Além disso, a irradiação é uma tecnologia não-térmica que possui a capacidade de eliminar ou reduzir os microrganismos em temperatura ambiente, evitando os efeitos indesejáveis que o calor causa no sabor, cor, e valor nutritivo dos alimentos (KHATTAK; SIMPSON, 2010; CABO VERDE *et al.*, 2013). É permitido que o tratamento seja aplicado em produtos embalados, reduzindo a possibilidade de contaminação cruzada (FARKAS, 2006). Os frutos podem ser colhidos com maturação mais avançada, estágio em que todas suas características de sabor e aparência externa estão completamente desenvolvidas (SANTILLO, 2011). É uma

tecnologia que consome menos quantidade de energia no processo de tratamento dos alimentos comparado aos métodos convencionais (TÉBÉKA; HALLWASS, 2007).

Assim como todo processo tecnológico, a irradiação possui algumas limitações, em alguns alimentos de origem vegetal, por exemplo, podem ocorrer alterações químicas afetando suas propriedades sensoriais. Os danos celulares promovidos pela irradiação podem causar amolecimento e criar compostos oxidativos como aldeídos, cetonas e álcoois. Essa tecnologia também possui um custo alto e apresenta uma resistência do público e da indústria à energia nuclear (TEZOTTO-ULIANA *et al.*, 2015).

De acordo com Lado e Yousef (2002) os microrganismos são inativados quando expostos a fatores que alteram sua estrutura celular ou funções fisiológicas, a radiação gama causa danos no seu DNA e desnaturação proteica. O DNA quantificado que não sofre o processo de reparo leva à morte celular.

Os raios gama agem decompondo as substâncias que compõe o produto irradiado, que é o processo denominado radiólise (ANDREWS *et al.*, 1998). A intensidade da radiólise depende da composição do alimento tratado, das condições de processamento e da dose de radiação absorvida (PEREDA, 2005). Os produtos gerados da radiólise da água são os radicais hidroxila, elétron aquoso ou hidratado, radical hidrogênio, hidrogênio, peróxido de hidrogênio e próton hidratado (DIEHL, 1995; TEZOTTO-ULIANA *et al.*, 2013; URBAIN, 1986).

Como efeito primário da radiação tem-se a formação de produtos reativos, devido aos processos de ionização, dissociação e excitação. Os radicais livres gerados pelos efeitos primários são muito reativos, podendo interagir entre si ou com constituintes do alimento. A consequência dessa reatividade é a formação dos efeitos secundários, ou seja, recombinação, dimerização, captura de elétrons e desproporcionalização, que são responsáveis pela maior parte dos efeitos provocados pela radiação (CASTELUCCI, 2015; HERNANDES; VITAL; SABAA-SRUR, 2003). Os radicais livres têm duração de segundos o suficiente para provocar a destruição da célula bacteriana (MARQUES; COSTA, 2013; SILVA, 2000).

A quantidade de energia de radiação necessária para controlar os microrganismos nos alimentos varia de acordo com as diferenças em suas propriedades químicas, estrutura física e a sua capacidade de se recuperar de lesões causadas pela radiação. Outros fatores como a composição do meio, o teor de

umidade, a temperatura durante a irradiação, presença ou ausência de oxigênio, estado fresco ou congelado influenciam na resistência à radiação (FARKAS, 2006).

Nos alimentos desidratados, a baixa atividade de água evita a mobilidade dos radicais livres gerados pela radiólise. A água no seu estado sólido impede a difusão dos radicais livres, dessa forma quando o alimento está congelado os produtos da radiólise da água são impedidos de reagir com o substrato. A presença de oxigênio gera produção de radicais superóxidos, assim em embalagens com atmosfera modificada tem influência na natureza dos produtos radiolíticos formados (DIEHL, 1995; SANTILLO, 2011).

Dentre todas as variáveis controladas na irradiação de alimentos, a dose é a mais importante (SILVA, 2013). O parâmetro de medida usado em irradiação é a quantidade de energia inserida do material, que é referida como dose absorvida (SORIANI, 2004). É a quantidade de energia absorvida por uma determinada massa de alimento, sendo a unidade internacional o Gray (Gy) que é igual a 1 joule de energia absorvida por quilograma de alimento irradiado. Para regular a dose absorvida, é preciso considerar a produção de energia da fonte por unidade de tempo, a distância entre a fonte e o produto e o tempo de exposição (DIEHL, 1995; PEREDA, 2005; SILVA, 2013). A dose de 10 kGy equivale à energia calorífica requerida para aumentar a temperatura da água de 2,4°C, percebe-se assim que a variação da temperatura dos alimentos processados com essa tecnologia é irrelevante. Portanto, a irradiação é considerada como uma pasteurização a frio, já que alcança o mesmo objetivo sem aumentar a temperatura do produto (FANTE, 2011).

São recomendadas doses de até 1 kGy para inibir infestação de insetos e amadurecimento tardio, entre 1 e 10 kGy para reduzir a carga bacteriana, entre eles os microrganismos patogênicos. Para esterilização comercial e eliminação de vírus são indicadas doses entre 10 e 50 kGy (JOUKI; KHAZAEI, 2014; WHO, 1999).

No Brasil é permitido o uso da radiação ionizante em alimentos, sem uma especificação de doses por alimento, deve-se apenas ser impresso no rótulo a condição de alimento irradiado (MARQUES; COSTA, 2013). Deve-se levar em consideração que não existe uma única dose ideal pode ser aplicada a todos os alimentos. Os alimentos podem desenvolver atributos sensoriais indesejáveis em determinadas doses, e essas mudanças vai depender do alimento e da dose aplicada (FILHO *et al.*, 2014). A irradiação pode destruir pigmentos em frutas, por isso deve-se

verificar se ocorre mudança de cor em frutos tratados com essa tecnologia de conservação de alimentos (SHAHBAZ *et al.*, 2014).

Chitarra e Chitarra (2005) informam que a dose mínima para de exposição da radiação necessária para obter efeito benéfico contra patógenos e insetos em frutas e hortaliças está entre 0,08 kGy e 1,0 kGy. Majeed e colaboradores (2014) sugerem que doses de irradiação gama de até 1,5 kGy podem ser usadas para aumentar a vida útil dos morangos, minimizando a deterioração pós-colheita e perda de peso dos mesmos. Filho *et al.* (2014) realizaram um estudo na área de análise sensorial com morangos irradiados concluindo que as mudanças causadas por baixas doses de radiação são percebidas pelos consumidores, mas não causam a sua rejeição sensorial, sendo necessário uma dose de 3,6 kGy para provocar a rejeição sensorial do consumidor.

Os efeitos do tratamento de radiação nos valores dos compostos bioativos dependem da dose aplicada, dos solventes utilizados para extração, das características de cada produto e de cada composto (ALOTHMAN; BHAT; KARIM, 2009; ITO *et al.*, 2016). Kavitha *et al.* (2014) relatam que com o aumento das doses de irradiação, os teores de compostos fenólicos podem aumentar em resposta a alterações de compostos celulares ou pela decomposição de compostos fenólicos, antes insolúveis. A maior parte da literatura disponível sobre as aplicações do tratamento de irradiação nos compostos fenólicos ao longo do armazenamento avalia apenas o teor total, há poucas pesquisas disponíveis sobre comportamento de cada composto fenólico em morangos irradiados e armazenados.

3.6. Aceitação de Alimentos Irradiados

Apesar da tecnologia de irradiação de alimentos já estar aprovada e regulamentada, muitos ainda são os obstáculos que impedem a completa comercialização de alimentos irradiados no Brasil. Porém, não são limitações de natureza técnica ou científica, mas relacionadas ao custo de sua utilização e de aceitação pelo consumidor (ORNELLAS *et al.*, 2006).

Quando os consumidores são questionados sobre o consumo de alimentos irradiados eles não reagem de forma positiva, pois associam o consumo destes alimentos com maior risco de surgimento de câncer. Essa reação desfavorável à esta tecnologia podem ser minimizados, se os consumidores passarem a receber mais informações sobre essa tecnologia de conservação de alimentos (FOX, 2002; MODANEZ, 2012).

Francisco *et al.* (2007) relatam que mesmo com a falta de informações do consumidor, foi possível verificar que os mesmos estão preocupados e interessados em saber a respeito da qualidade dos alimentos que estão consumindo, desde a data de validade e registro de inspeção, até os riscos de intoxicação alimentar. Modanez (2012) informa que antes o consumidor comprava os alimentos pela sua aparência, mas hoje o consumidor está cada vez mais interessado nos benefícios trazidos pelas novas tecnologias, observando assim uma pequena expansão no mercado dos produtos irradiados.

A principal finalidade da irradiação de alimentos é oferecer aos consumidores alimentos com melhor qualidade e higiene, mantendo suas propriedades nutricionais. A aceitação de novas tecnologias no processamento de alimentos está diretamente relacionada à credibilidade e confiança nas informações recebidas. Quando devidamente informados sobre o que é, para que serve e quais os benefícios da tecnologia de irradiação de alimentos, grande parte dos consumidores passam a reagir de forma positiva (CATTARUZZI, 2012; FREWER *et al.*, 2011).

Crowley, Gaboury e Witt (2002) demonstraram que há uma ligação positiva entre a conhecimento sobre a tecnologia de irradiação e a predisposição para comprar alimentos irradiados, uma vez que é explicado ao consumidor os benefícios do tratamento do alimento por radiação gama ele compra um alimento irradiado. Além disso, quando consciente dos benéficos para a segurança alimentar que este tipo de tratamento apresenta a maioria dos consumidores estão dispostos a pagar mais pelo alimento irradiado (CATTARUZZI, 2012). Portanto, se for colocado em prática informações sobre a tecnologia de irradiação de alimentos o panorama do mercado de alimentos tratados por radiação ionizante poderá mudar, uma vez que a falta de informação é o fator fundamental que têm limitado o uso desta tecnologia (MODANEZ, 2012).

4. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos nos Laboratórios do Departamento de Alimentos (ALM) da Faculdade de Farmácia (FAFAR) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e a irradiação foi realizada no Laboratório de Irradiação Gama (LIG) do Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear/Comissão Nacional de Energia Nuclear (CDTN/CNEN).

4.1. MATERIAL

Foram utilizados 15 kg de morangos da cultivar Albion adquiridos da Central Estadual de Abastecimento (CEASA) de Contagem, Minas Gerais, Brasil. Em seguida, os morangos foram transportados para Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear/Comissão Nacional de Energia Nuclear (CDTN/CNEN), em Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, para aplicação da radiação gama. Os frutos, foram transportados até a Universidade Federal de Minas Gerais onde foram armazenados à temperatura de $10\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $90\pm 5\%$ UR, sendo utilizados de acordo com a necessidade experimental.

4.2. MÉTODOS

Preparo das amostras e irradiação

Os frutos foram adquiridos da CEASA de Contagem, Minas Gerais, Brasil, onde foram selecionados quanto à ausência de defeitos e injúrias, com posterior acondicionamento em embalagem de polietileno tereftalato (PET) (**Figura 6**). Em seguida, os morangos foram transportados para Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear/Comissão Nacional de Energia Nuclear (CDTN/CNEN), em Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, para aplicação da irradiação por meio da fonte de cobalto-60 comercial. Foram utilizados quatro tratamentos, sendo eles o controle (amostras que não receberam o tratamento de irradiação) e as doses 0,8; 1,6 e 2,4

kGy, mantidas sob incidência da radiação por 32, 65 e 98 minutos, respectivamente. As embalagens foram posicionadas a 32 cm do protetor da fonte.

Figura 6 - Morangos cv. Albion acondicionados em embalagens de plástico.



Fonte: Própria, 2017.

Posteriormente, os frutos foram encaminhados para a FAFAR/UFMG onde foram armazenados à $10\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $90\pm 5\%$ UR por até 9 dias. Os diferentes tratamentos foram avaliados a cada 3 dias de armazenamento quanto aos teores de antocianinas, compostos fenólicos totais, bem como o perfil destes compostos, ácido ascórbico e parâmetros colorimétricos e microbiológicos em quatro períodos de armazenamento (0, 3, 6 e 9 dias), conforme descrito abaixo.

No dia que os morangos foram irradiados (dia zero), foram determinados o pH, utilizando um pHmêtro de bancada (Bante Instruments, modelo 922, EUA); os teores de sólidos solúveis totais, expressos em °Brix, foi determinado utilizando um refratômetro digital (Instrutherm, modelo RTD-45, São Paulo, Brasil) conforme metodologia preconizada pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). A acidez total titulável foi determinada por titulometria utilizando NaOH 0,1 N, utilizando a fenolftaleína como indicador e os resultados foram expressos em mg de ácido cítrico. 100 g^{-1} de fruto, de acordo com as normas da Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1998).

Determinação de antocianinas

As antocianinas foram determinadas seguindo o método do pH diferencial descrito por Giusti e Wrolstad (2001). O método utiliza duas soluções tampão, sendo uma de cloreto de potássio a 0,025M, ajustando o pH a 1,0 com ácido clorídrico, e a segunda de acetato de sódio a 0,4M ajustando o pH a 4,5 com ácido acético.

Os extratos foram obtidos de acordo com Perez (2015). Foram pesados 50 g de morangos e triturados em um mixer (Philips Walita, modelo RI 1364, Brasil). Em seguida foram acrescentados 100 mL de etanol acidificado com ácido clorídrico a 0,01% (v/v). Posteriormente, a solução foi agitada manualmente e filtrada. Foram preparadas duas diluições 1:10, sendo uma misturada com tampão ácido clorídrico/cloreto de potássio pH=1,0 e outra com tampão acetato de sódio/ácido clorídrico pH 4,5. Adicionou-se 1 mL da solução filtrada em um balão volumétrico de 10 mL e completou-se o volume com a solução tampão pH=1. Em outro balão volumétrico de 10 mL, foram colocados 1 mL da solução filtrante e completado o volume com a solução tampão pH=4,5.

Após 15 min, estas amostras foram medidas a um comprimento de onda máximo 496 nm (A_{\max}) e a 700 nm (A_{700}) utilizando um espectrofotômetro (Micronal modelo AJX-1900, São Paulo, Brasil). Os resultados foram expressos em mg pelargonidina 3-glicosídeo.100 g⁻¹ de fruto, baseado nas equações 1.1 e 1.2 descritas por Giusti e Wrolstad (2001) exemplificadas a seguir.

Eq. (1.1)

$$A = (A_{496} - A_{700})_{\text{pH } 1} - (A_{496} - A_{700})_{\text{pH } 4,5}$$

Onde:

A= absorvância da amostra diluída;

A_{496} média das absorvâncias medidas em λ_{496} ;

A_{700} média das absorvâncias medidas em λ_{700}

Eq. (1.2)

$$\text{Antocianinas monoméricos (mg/100g)} = (A \times PM \times FD \times 100) / (\epsilon \times 1)$$

Onde:

A = Absorbância;

PM = peso molecular da pelargonidina 3-glicosídeo = 433,2 g mol⁻¹;

FD = Fator de diluição (se uma amostra de 1,0 mL é diluída para 10 mL, DF = 10);

ϵ = absorvidade molar = 27300 L mol⁻¹ cm⁻¹

Determinação dos compostos fenólicos totais

Os compostos fenólicos foram determinados de acordo com método colorimétrico desenvolvido por Singleton e Rossi (1965), utilizando o reagente de Folin Ciocalteu, em solução 10% (v/v). Para obtenção dos extratos foram pesados 5 g de morangos triturados, adicionados 10 mL de metanol a 80%, homogeneizados com agitador magnético (Fisatom, modelo 752, São Paulo, Brasil) e filtrados. O sobrenadante foi transferido para um balão volumétrico de 100 mL. A partir do resíduo da primeira extração foram adicionados 10 mL de metanol 80% (v/v) homogeneizados com agitador magnético (Fisatom, modelo 752, São Paulo, Brasil) e filtrados.

Posteriormente, o sobrenadante foi transferido para o balão volumétrico em que estava o primeiro sobrenadante completando-se o volume final com metanol a 80% (v/v). Uma alíquota de 0,5 mL do extrato foi transferida para um balão volumétrico de 10 mL e foram adicionados 2,5 mL do reagente Folin Ciocalteu a 10% e 5 mL de água destilada. Após agitação durante 3 minutos, foi adicionado 1 mL de carbonato de sódio a 7,5 %. Os balões volumétricos foram deixados em repouso por 1 hora ao abrigo de luz, em seguida a leitura foi realizada a 765 nm utilizando um espectrofotômetro (Micronal modelo AJX-1900, São Paulo, Brasil). O branco foi realizado nas mesmas condições. Para calcular os teores de fenólicos totais, construiu-se uma curva padrão com solução de ácido gálico. O resultado foi expresso em mg de ácido gálico.100 g⁻¹ de fruto fresco.

Determinação do perfil de compostos fenólicos

A determinação dos compostos fenólicos nos morangos foi realizada conforme o método cromatográfico descrito por Chisté *et al.* (2012) e Eça *et al.* (2015). O extrato foi obtido utilizando 5 g de morangos triturados e extraídos com metanol: água (8:2) v/v. Após centrifugação por 15 min a 19754g (Sigma, modelo 2K15, Alemanha), o sobrenadante foi filtrado com um filtro de seringa de nylon 0,22 µm e injetado em cromatógrafo líquido de ultra eficiência (Waters, modelo Acquity UPLC® Class, Milford, Massachusetts, USA) equipado com detector de UV por arranjo de diodos, bomba quaternária, degaseificador online e amostrador automático. Os dados foram processados através do software Empower®. As condições cromatográficas consistem em coluna Acquity UPLC® BEH C18 (2,1x 50 mm i.d.; 1,7 µm) sob fluxo constante de 0,3 mL.min⁻¹, temperatura da coluna a 29°C, com duas fases móveis (A = água: ácido fórmico, 99,5:0,5 e B = acetonitrila: ácido fórmico, 99,5:0,5), usando gradiente tempo 0 min: água 99%: acetonitrila 1% e tempo 15 min: água 60%: acetonitrila 40%. Os espectros foram obtidos a 271, 320 e 367 nm. Os compostos fenólicos foram quantificados por comparação com padrões: ácido gálico, ácido elágico, ácido clorogênico, catequina e quercetina. Os resultados foram expressos em mg de composto fenólico.100 g⁻¹ de fruto.

Determinação de ácido ascórbico

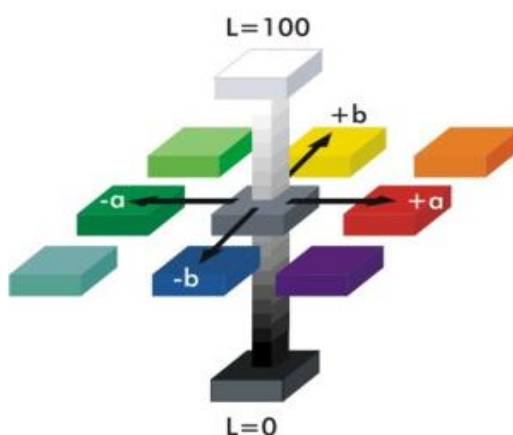
O ácido ascórbico foi determinado segundo De Velde *et al.* (2013) por cromatografia líquida de ultra eficiência. O extrato foi obtido utilizando 0,3 g de morangos triturados e extraídos com 1 mL da solução de ácido acético a 8% e EDTA (Ácido etilenodiamino tetra-acético) a 1 mM. Após centrifugação por 15 min a 19754g (Sigma, modelo 2K15, Alemanha), o sobrenadante foi filtrado com um filtro de seringa de nylon 0,22 µm e injetado em cromatógrafo líquido de ultra eficiência (Waters, modelo Acquity UPLC® Class, Milford, Massachusetts, USA) equipado com detector de UV por arranjo de diodos, bomba quaternária, degaseificador online e amostrador automático. Os dados foram processados através do software Empower®. As condições cromatográficas consistem em coluna Acquity UPLC® BEH C18 (2,1x 50

mm i.d.; 1,7 μm) sob fluxo constante de 0,3 mL.min⁻¹. A fase móvel consistiu de uma solução de metanol e fosfato de potássio a 50 mM (30:70 v/v) modo isocrático. Os cromatogramas foram processados a 254 nm. O ácido ascórbico foi quantificado por comparação com o padrão. Os resultados foram expressos em mg ácido ascórbico.100 g⁻¹ de fruto.

Determinação das propriedades colorimétricas

As propriedades colorimétricas foram realizadas com auxílio de um colorímetro (Konica Minolta modelo CM-2600D, Osaka, Japão) com a determinação no sistema CIE L*a*b*. A coordenada L* representa quanto mais clara ou mais escura é a amostra, com valores variando de 0 (totalmente preta) a 100 (totalmente branca). A coordenada a* representa o eixo do verde (valores negativos) ao vermelho (valores positivos) e coordenada b* representa o eixo do amarelo (valores positivos) ao azul (valores negativos) (**Figura 7**).

Figura 7 - Diagrama de cromaticidade L*a*b*.



Fonte: Flexo Magazine, 2010.

O chroma (c^*) avalia a intensidade da cor que varia de 0 (cor menos intensa) a 60 (cor mais intensa). O ângulo Hue (h°) mostra a localização da cor em um diagrama, em que o ângulo 0° representa vermelho puro, 90° amarelo puro, 180° verde puro e 270° o azul. Para a determinação dos valores de chroma e Hue foram utilizadas as equações 2.1 e 2.2 descritas a seguir:

$$c^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{0,5} \quad \text{Eq. (2.1)}$$

$$\text{Hue} = \tan^{-1} (b^*/a^*) \quad \text{Eq. (2.2)}$$

Análises microbiológicas

As análises microbiológicas foram realizadas seguindo a metodologia oficial (BRASIL, 2003). Pesou-se assepticamente 25 g dos morangos de cada tratamento e homogeneizou-se com 225 mL de água peptonada 0,1% estéril. Cada diluição foi plaqueada em triplicata. Os coliformes foram quantificados, utilizando-se a técnica de números mais prováveis (NMP) em caldo Lauril Sulfato Triptose (LST) no teste presuntivo, com incubação a 35°C por 24 - 48 horas, caldo Verde Brilhante (VB) para confirmar a presença de coliformes totais e caldo E.coli para confirmar a presença de termotolerantes a 45°C . Os resultados foram expressos em número mais provável por grama (NMP g^{-1}).

Os bolores e leveduras foram quantificados pelo método de plaqueamento em superfície. Foram pesados 25 g dos morangos de cada tratamento e homogeneizados com 225 mL de água peptonada 0,1% estéril. Foram realizadas diluições decimais (10^{-2} e 10^{-4}). Foram adicionadas 1 mL de cada diluição nas placas juntamente com o meio Ágar Dextrose Batata e incubou-se a 37°C por 5 dias. Após o período de incubação, foram realizadas as contagens e os resultados foram expressos em unidades formadoras de colônias por grama (UFC g^{-1}).

Para a pesquisa de *Salmonella* spp, foram pesados 25 g dos morangos de cada tratamento. Homogeneizou-se em 225 mL de água peptonada tamponada 1% e incubou-se, a 37°C por 24 horas. Alíquotas de 1 mL dessa cultura pré-enriquecida foram transferidas para dois tubos, contendo, cada um, 10 mL de caldo de

enriquecimento seletivo composto pelo Caldo Tetrionato e pelo Caldo Selenito Cistina e incubou-se a 37 °C por 24 horas. Uma alíquota de cada tudo foi semeada em Ágar Entérico de Hecktoen (HE), Ágar *Salmonella-Shigella* (SS) e Ágar Xilose Lisina Desoxicolato (XLD), incubou-se a 37 °C por 24 horas. As colônias típicas de *Salmonella* observadas foram semeadas em Ágar Tríplice Açúcar Ferro (TSI) e Ágar Lisina Ferro (LIA), incubou-se a 37 °C por 24 horas e verificou-se se havia ocorrência de reação típica de *Salmonella*.

Análises estatísticas

Um delineamento inteiramente casualizado (DIC) foi utilizado em fatorial 4x4, sendo quatro níveis do fator irradiação (0; 0,8; 1,6 e 2,4 kGy) e quatro níveis do fator tempo de armazenamento (0, 3, 6 e 9 dias), com três repetições. A parcela experimental foi composta por cerca de 250 g de frutos. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e à comparação das médias pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5%. Para todas as medidas que acusaram falta de normalidade utilizou-se transformação do tipo Box-Cox. Apenas para a medida de ácido gálico, em que esta transformação não foi suficiente para corrigir a falta de normalidade, adotou-se a versão não paramétrica para a análise de variância e comparação de médias (Teste de Kruskal Wallis), ao nível de significância de 7%.

Os coeficientes de correlação foram calculados para os dados das medidas físico-químicas obtidas neste estudo, a fim de verificar se havia associação significativa entre quaisquer duas medidas ao nível de 5% de significância. Primeiramente realizou-se um teste de normalidade para todas as medidas. Para todos os pares de medidas em que ambas foram consideradas normais ao nível de 5% de significância, adotou-se o coeficiente de correlação de Pearson. Nos demais casos utilizou-se o coeficiente de correlação de Spearman. A análise estatística foi realizada utilizando-se os programas estatísticos RStudio Team 2015 e Microsoft Excel® 2016.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os açúcares e os ácidos orgânicos presentes nos frutos, apresentam importantes características de qualidade (FRANÇOSO *et al.*, 2008; NASSAR *et al.*, 2016). O valor de sólidos solúveis totais encontrado foi de 7,0 °Brix resultados similares ao determinado por Françaoso *et al.*, (2008) que encontrou valor médio de 8,5 °Brix para morangos irradiados. Para o pH o valor obtido foi de 3,2 esse valor está próximo ao encontrado por Françaoso *et al.*, (2008) que encontrou valor de pH= 3,4 e Nassur *et al.*, (2016) que encontrou valor médio de pH=3,5 para morangos tratados com radiação gama. Os morangos irradiados apresentaram valores acidez total titulável de 1,40 mg de ácido cítrico.100g⁻¹ de fruto, próximo ao encontrado por Françaoso *et al.*, (2008), com valor de 1,48 mg de ácido cítrico.100 g⁻¹ de fruto.

Antocianinas

As antocianinas são um grupo de pigmentos naturais responsáveis pelas cores, como o vermelho-alaranjado, rosa, azul, violeta, vermelho e roxo de várias plantas. Uma das principais antocianinas presentes no morango é pelargonidina 3-glicosídeo (KELEBEK; SELLI, 2011). Neste estudo não foi verificada nenhuma diferença significativa nos valores de antocianinas nos morangos irradiados com diferentes doses de radiação gama durante o período de armazenamento estudado. Os valores variaram entre 4,08 e 6,28 mg de pelargonidina 3-glicosídeo.100 g⁻¹ de fruto (**Tabela 2**). Esses dados revelam que a irradiação gama aplicada não interferiu no teor de antocianinas dos morangos, uma vez que o tratamento sem irradiação foi semelhante aos demais.

Tabela 2 – Valores de antocianinas em morangos tratados com diferentes doses de irradiação gama (0; 0,8;1,6; 2,4 kGy) armazenados por até 9 dias sob refrigeração ($10\pm 1^{\circ}\text{C}$) e $90\pm 5\%$ UR.

Doses (kGy)	Antocianina (mg.100 g ⁻¹ de fruto)			
	Tempo (Dia)			
	0	3	6	9
0	6.28 (1.17) A	4.06(0.98) A	4.75(0.24) A	*
0,8	4.08 (0.59) A	5.89(0.38) A	5.75 (1.45) A	4.92 (0.94) A
1,6	5.45 (1.29) A	4.80 (0.43) A	4.14(0.97) A	5.17(1.20) A
2,4	5.42(1.29) A	5.25(1.54) A	4.92(0.90) A	5.15(0.70) A

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância. Os dados representam o valor médio (DP). * Parcela perdida do tratamento controle (0 kGy) no dia 9.

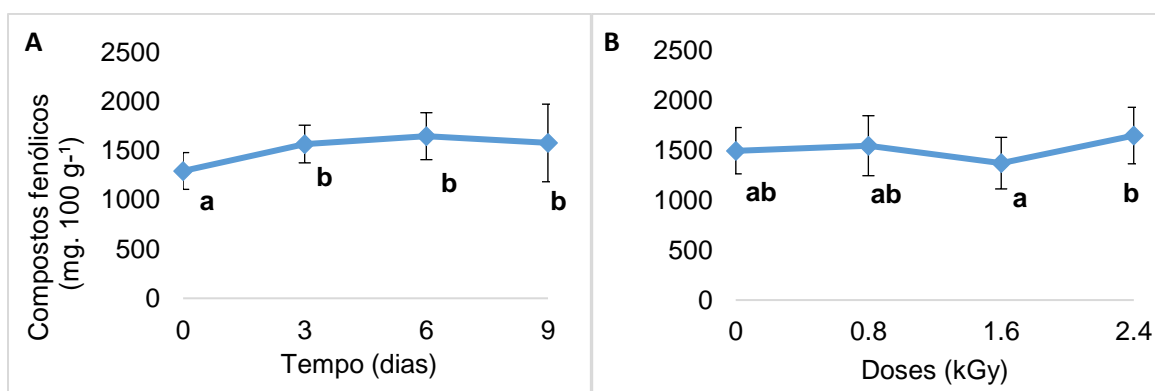
Esse resultado pode ser confirmado por Hussain, Dar e Wani (2012) que analisaram morangos revestidos com carboximetil celulose e irradiados com a dose de 2,0 kGy, mantidos sob refrigeração por 21 dias, e não observaram diferença entre os valores de antocianinas de frutos irradiados e não irradiados. Tezotto-Uliana *et al.* (2013) examinaram diferentes doses de radiação gama (0; 0,5; 1,0; 2,0 kGy) para framboesas armazenadas por 20 dias a $0\pm 1^{\circ}\text{C}$ e 90% UR e verificaram que as doses de irradiação gama 1,0 e 2,0 kGy não tiveram efeitos sobre o teor de antocianinas. Quanto ao período analisado, observou-se um aumento até o dia 12 no teor de antocianinas e depois desse dia as mesmas permaneceram constante. Já em um estudo em que foi avaliada a aplicação de diferentes doses de radiação gama 0, 0,5; 1,0 e 1,5 kGy em morangos armazenados refrigerados ($0\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $90\pm 5\%$ UR) por 15 dias, os frutos irradiados com a dose de 1,5 kGy caracterizaram-se pelos maiores teores de antocianinas (NASSUR *et al.*, 2016).

Fenólicos totais

Estudos tem mostrado que os compostos fenólicos são os principais componentes bioativos responsáveis pelas propriedades antioxidantes dos morangos (FERNÁNDEZ-LARA *et al.*, 2015). Esses compostos podem atuar como agentes quimiopreventivos, prevenindo doenças crônicas como alguns tipos de câncer (GIAMPIERI; ALVAREZ- SUAREZ; BATTINO, 2014).

Para os compostos fenólicos totais, não houve interação significativa entre as doses de irradiação e o tempo de armazenamento. Os compostos fenólicos totais apresentaram diferença significativa ao longo dos dias avaliados durante o armazenamento, sendo que o valor destes compostos em cada dia foi obtido calculando-se a média sob todas as doses de radiação gama estudadas daquele dia. Pode-se observar que o dia zero apresentou o menor conteúdo de compostos fenólicos (**Figura 8 A**). Já o valor dos compostos fenólicos totais para cada dose de irradiação foi calculado utilizando a média sob todos os dias de armazenamento. Os morangos irradiados na dose 1,6 kGy diferiram estatisticamente dos morangos irradiados com a dose de 2,4 kGy (**Figura 8B**).

Figura 8 – Valores de compostos fenólicos de morangos cv. Albion armazenados por até 9 dias sob refrigeração ($10\pm 1^\circ\text{C}$) e $90\pm 5\%$ UR (A) e submetidos a diferentes doses de irradiação gama (0; 0,8; 1,6; 2,4 kGy) (B).



Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de significância. As barras verticais representam um desvio padrão acima e abaixo do valor médio.

Mridha *et al.* (2017) apresentaram resultados similares aos do presente estudo onde foram avaliados os efeitos de diferentes doses de irradiação gama 0; 0,5, 1,0 e 1,5 kGy em morangos durante 6 dias de armazenamento foi verificado que o conteúdo de compostos fenólicos totais aumentou em todas as amostras irradiadas, sendo a dose de 1,5 kGy a que apresentou maior teor destes compostos. Em framboesas submetidas à irradiação gama (0; 0,5; 1,0 e 2,0 kGy) e armazenadas a 1°C por 12 dias, os frutos tratados com a dose 2 kGy apresentaram os maiores teores de compostos fenólicos totais ao final do tempo de armazenamento (GUIMARÃES *et al.*, 2013).

O aumento dos compostos fenólicos totais durante a irradiação gama pode ser devido à liberação de compostos fenólicos de componentes glicosídicos e à

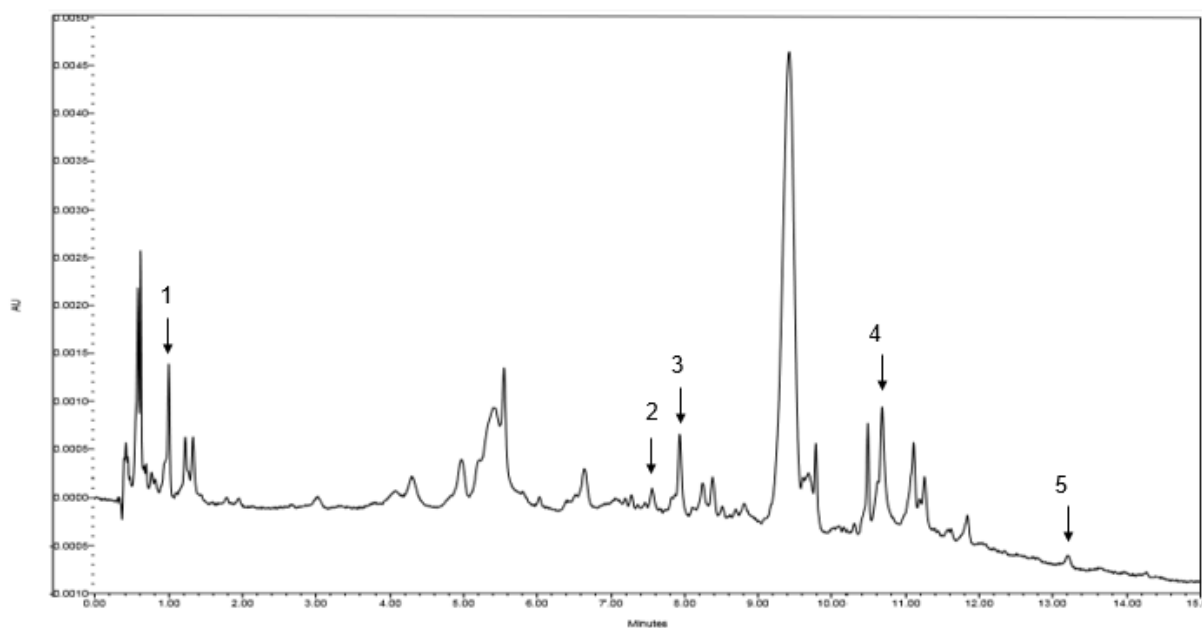
degradação de compostos fenólicos maiores em menores (HARRISON; WERE, 2007; MESQUITA, 2017). Além disso, nos frutos os valores dos fitoquímicos podem ser afetados pelo grau de maturação e condições ambientais durante a colheita, por diferenças genéticas entre cultivares, pela manipulação e tratamento dos frutos e por condições de estocagem na pós-colheita (SEVERO *et al.*, 2011). Dessa forma, foi possível perceber que as doses utilizadas não influenciaram na perda desses compostos, ocorrendo a manutenção dos compostos fenólicos com a aplicação da radiação gama ao longo do armazenamento.

Perfil de compostos fenólicos

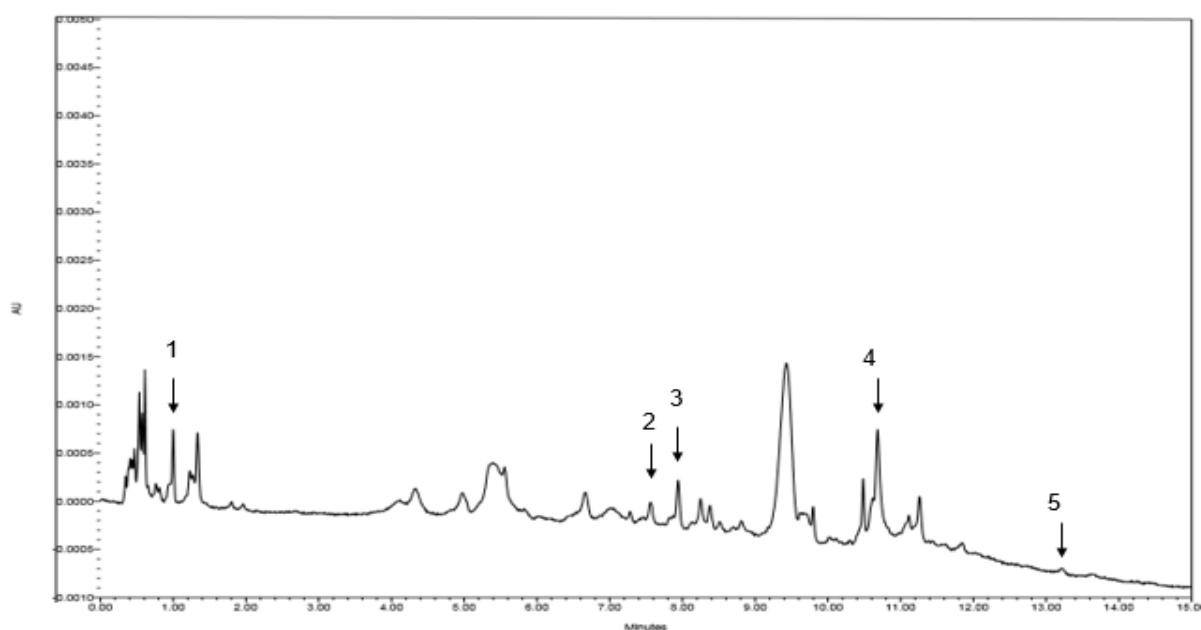
O perfil cromatográfico de compostos fenólicos utilizando a cromatografia líquida de ultra eficiência está representado na **Figura 9**. A partir da análise do cromatograma foi possível identificar a presença do ácido gálico, da catequina, do ácido clorogênico, do ácido elágico e da quercetina.

Figura 9 – Perfil cromatográfico de compostos fenólicos em morangos sem irradiação (A) e irradiados (B) por cromatografia líquida de ultra eficiência no comprimento de onda de 271 nm. 1. Ácido gálico, 2. Catequina, 3. Ácido clorogênico, 4. Ácido elágico e 5. Quercetina.

(A)



(B)



O ácido gálico é um composto polihidroxifenólico amplamente distribuído nos vegetais e tem várias funções biológicas (NIEMETZ; GROSS, 2005) incluindo propriedades antioxidantes (LOCATELLI *et al.*, 2009), antitumoral (YOU *et al.*, 2010),

antimutagênica e anticancerígenas (JANG *et al.*, 2009). Frutas como uva, morango, limão, banana e abacaxi, são conhecidas por conter quantidades significativas desse composto fenólico (YOU *et al.*, 2010).

Nesse estudo, para o ácido gálico, observa-se que a interação dos fatores doses de irradiação e tempo de armazenamento foram significativas (**Tabela 3**). Apesar de cada dose não apresentar diferença significativa ao longo do tempo, é importante demonstrar que os frutos não irradiados no dia três apresentaram teores de ácido gálico superiores aos frutos tratados com a dose de 0,8 kGy no dia nove.

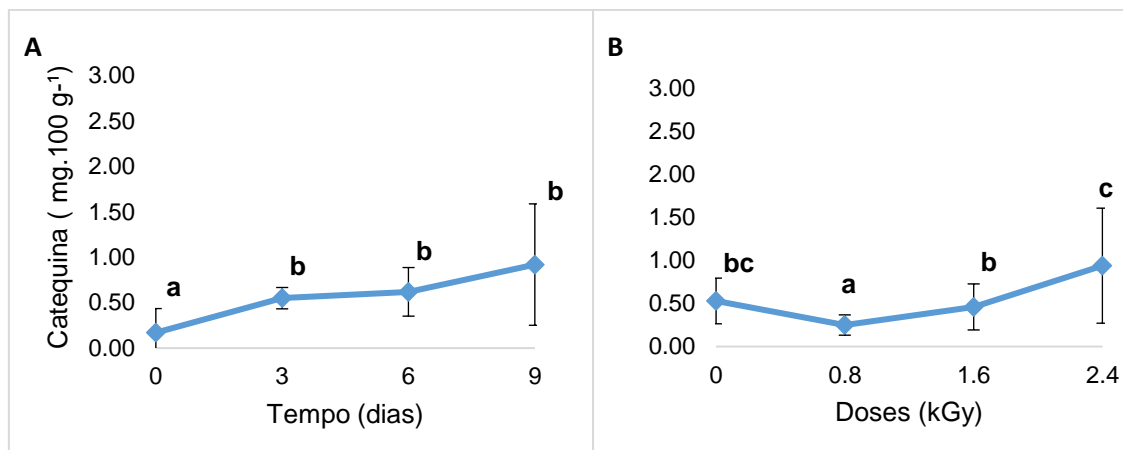
Tabela 3 – Valores de ácido gálico em morangos tratados com diferentes doses de irradiação gama (0; 0,8; 1,6; 2,4 kGy) armazenados por até 9 dias sob refrigeração ($10\pm 1^{\circ}\text{C}$) e $90\pm 5\%$ UR.

Doses (kGy)	Ácido gálico (mg.100 g ⁻¹ de fruto)			
	Tempo (Dia)			
	0	3	6	9
0	0,103(0,02) AB	0,119(0,01) B	0,054(0,03) AB	*
0,8	0,089(0,03) AB	0,102(0,01) AB	0,042(0,01) AB	0,024(0,01) A
1,6	0,095(0,02) AB	0,086(0,01) AB	0,040(0,02) AB	0,036(0,02) AB
2,4	0,086(0,04) AB	0,097(0,01) AB	0,029(0,02) AB	0,041(0,01) AB

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste Kruskal-Wallis a 7 % de significância. Os dados representam o valor médio (DP). * Parcela perdida do tratamento controle (0 kGy) no dia 9.

O valor nutricional do morango é parcialmente atribuído ao seu alto conteúdo de fitoquímicos, representado principalmente por compostos fenólicos, como a catequina (FERNÁNDEZ-LARA *et al.*, 2015). Para catequina, observa-se que a interação dos fatores doses de irradiação e tempo de armazenamento foram não significativas. Verifica-se na **Figura 10A** que o primeiro tempo avaliado (dia 0) apresentou-se estatisticamente diferente dos demais, com menor concentração de catequina. Já para as doses de irradiação (**Figura 10B**), os morangos irradiados nas doses 0,8 e 1,6 kGy mostraram comportamento diferente dos frutos irradiados na dose 2,4 kGy, a qual não diferiu estatisticamente do tratamento controle (0 kGy). Pode-se verificar que os morangos irradiados na dose 0,8 kGy apresentou o menor teor de catequina.

Figura 10 – Valores de catequina de morangos cv. Albion armazenados por até 9 dias sob refrigeração ($10\pm 1^{\circ}\text{C}$) e $90\pm 5\%$ UR (A) e submetidos a diferentes doses de irradiação gama (0; 0,8; 1,6; 2,4 kGy) (B).



Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de significância. As barras verticais representam um desvio padrão acima e abaixo do valor médio.

Os ácidos clorogênicos são originados a partir da esterificação do ácido quínico com um dos seguintes ácidos trans-cinâmicos: o ácido cafeico, o ferúlico, sinápico ou o p-cumárico (CLIFFORD, 2000; BASTOS *et al.*, 2007; OLIVEIRA; BASTOS, 2011). Esse composto fenólico é encontrado em níveis elevados em morangos, mirtilos, berinjelas e tomates (CHO *et al.*, 2010; MAHMOOD *et al.*, 2012; NGUYEN *et al.*, 2017). Os ácidos clorogênicos demonstraram vários benefícios para a saúde, incluindo atividade antioxidante (HOELZL *et al.*, 2010), antiobesidade (CHO *et al.*, 2010), anti-inflamatórios e efeitos antinociceptivos (KUPELI *et al.*, 2012).

Para o ácido clorogênico, observa-se que a interação dos fatores doses de irradiação e tempo de armazenamento foram significativas. Verifica-se na **Tabela 4** que os morangos controle no dia zero e os frutos irradiados na dose de 2,4 kGy no dia três apresentaram semelhança estatística para essa variável, enquanto os frutos irradiados na dose de 0,8 kGy nos três últimos dias de análise, os morangos irradiados na dose de 1,6 kGy nos dois últimos dias e os frutos irradiados na dose 2,4 kGy no último dia apresentaram-se diferente dos tratamentos anteriormente citados. Cabe ressaltar que no último dia de análise os morangos irradiados na dose de 2,4 kGy apresentou diferença estatística significativa quando comparada com os frutos irradiados na dose de 0,8 kGy.

Tabela 4 - Valores de ácido clorogênico em morangos tratados com diferentes doses de irradiação gama (0; 0,8; 1,6; 2,4 kGy) armazenados por até 9 dias sob refrigeração (10±1°C) e 90±5% UR.

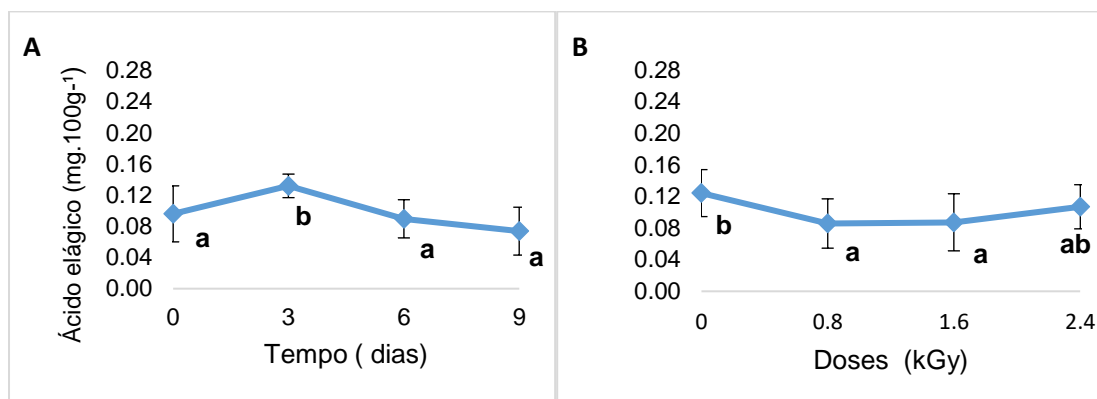
Doses (kGy)	Ácido clorogênico (mg.100 g ⁻¹ de fruto)			
	Tempo (Dia)			
	0	3	6	9
0	1,019(0,37) D	0,884(0,18) CD	0,384(0,05) ABCD	*
0,8	0,442(0,13) ABCD	0,263(0,07) AB	0,154(0,09) A	0,168(0,08) A
1,6	0,433(0,25) ABCD	0,391(0,09) ABCD	0,343(0,16) ABC	0,241(0,03) AB
2,4	0,391(0,15) ABCD	0,936(0,07) D	0,569(0,31) ABCD	0,751(0,11) BC

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância. Os dados representam o valor médio (DP). * Parcela perdida do tratamento controle (0 kGy) no dia 9.

O ácido elágico é um composto fenólico encontrado principalmente em morangos, framboesa e amora-preta (TOMÁS-BARBERÁN; CLIFFORD, 2000; PINTO, 2008). Esse ácido pode ocorrer na forma livre, glicosilada ou ligada como elagitaninos, esterificado com glicose (BATE-SMITH, 1972; HADDOCK *et al.*, 1982, MAAS; GALLETTA, 1991; PINTO, 2008).

Nesse estudo para a variável ácido elágico observa-se que a interação dos fatores doses de irradiação e dias de armazenamento foram não significativas. Verifica-se na **Figura 11A** que os dias de armazenamento apresentaram diferença significativa, sendo que o terceiro dia apresentou os maiores valores (0,1320 mg.100 g⁻¹). Já para as doses de irradiação, observa-se que os frutos controle (0 kGy) diferenciou estatisticamente dos frutos irradiados nas doses de 0,8 e 1,6 kGy (**Figura 11B**). Ainda, os morangos controle e os frutos irradiados na dose de 2,4 kGy apresentaram as maiores concentrações de ácido elágico.

Figura 11 – Valores de ácido elágico de morangos cv. Albion armazenados por até 9 dias sob refrigeração ($10\pm 1^{\circ}\text{C}$) e $90\pm 5\%$ UR (A) e submetidos a diferentes doses de irradiação gama (0; 0,8; 1,6; 2,4 kGy) (B).



Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de significância. As barras verticais representam um desvio padrão acima e abaixo do valor médio.

O perfil fenólico de morangos de diversas origens foi relatado por vários estudos e indicou que ácido elágico, ácido p-cumárico, ácido cafeico, ácido ferúlico, ácido p-hidroxibenzóico e flavonóis como caempferol, quercetina e miricetina são os principais compostos fenólicos presentes nestes frutos. Existem diferenças consideráveis nos conteúdos compostos fenólicos entre cultivares de morango sendo a quercetina 3-glicosídeo o flavonol mais predominante (HERNANZ *et al.*, 2007; KELEBEK; SELLI, 2011; OSZMIANSKI; WOJDYLO, 2009).

Observa-se na **Tabela 5** que houve interação significativa entre as doses de irradiação e o tempo de armazenamento para a quercetina. Os morangos irradiados na dose de 2,4 kGy apresentou um aumento do teor de quercetina ao longo dos dias estudados, apresentando o maior teor do composto avaliado no último dia de análise, o que diferencia estatisticamente dos frutos irradiados na dose de 1,6 kGy nos dias zero e seis e dos frutos irradiados na dose de 2,4 kGy no dia zero.

Tabela 5 – Valores de quercetina em morangos tratados com diferentes doses de irradiação gama (0; 0,8; 1,6; 2,4 kGy) armazenados por até 9 dias sob refrigeração (10±1°C) e 90±5% UR.

Doses (kGy)	Quercetina (mg.100 g ⁻¹ de fruto)			
	Tempo (Dia)			
	0	3	6	9
0	0,061(0,022) AB	0,049(0,005) AB	0,059 (0,016) AB	*
0,8	0,048(0,003) AB	0,069(0,017) AB	0,072(0,010) AB	0,058(0,010) AB
1,6	0,043(0,012) A	0,064(0,010) AB	0,037(0,023) A	0,069(0,004) AB
2,4	0,045(0,007) A	0,066(0,013) AB	0,054(0,007) AB	0,084(0,010) B

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância. Os dados representam o valor médio (DP). * Parcela perdida do tratamento controle (0 kGy) no dia 9.

Maraei e Elsayy (2017) avaliaram o efeito das doses de irradiação gama (0, 300, 600 e 900 Gy) na influência dos compostos fenólicos em morangos no dia em que foram irradiados e após 9 dias de armazenamento a 10°C e observaram que a irradiação estimulou a biossíntese de alguns compostos fenólicos como os ácidos pirogálico, gálico e pirocatecol. Em outro estudo com morangos irradiados nas doses de 0 a 6 kGy a concentração de catequina diminuiu com o aumento das doses de irradiação, a concentração de ácido hidroxibenzoico aumentou linearmente com o aumento das doses de irradiação, já o ácido gálico, o ácido p-cúmarico, o ácido cafeico e a quercetina-3- glicosídeo não apresentaram influência da irradiação até a dose de 6,0 kGy (BREITFELLNER; SOLAR; SONTAG, 2003).

Nunes (2015) estudou mirtilos tratados com diferentes doses de irradiação (0; 0,5; 1,0; 1,5 kGy) por 21 dias a 0 °C e observou que não houve variações nas concentrações de ácido gálico, catequina e quercetina em função do tempo de armazenamento e nem entre os tratamentos, indicando que a irradiação provavelmente não provocou efeito considerado no teor desses compostos. Neste estudo com mirtilos irradiados também foi observado que ao final dos dias de armazenamento que a dose de 0,5 kGy apresentou o menor teor de ácido clorogênico.

Resultados diferentes para quercetina foram encontrados em um estudo com framboesas irradiadas nas doses de 0,5 a 2,0 kGy e armazenadas a 0° C por 20 dias, os tratamentos com as dosagens de 1,0 e 2,0 kGy apresentaram os menores valores de quercetina. Quanto ao período analisado, observou-se um aumento no teor de

quercetina até o dia 12 e, depois desse dia, verificou-se uma redução (TEZOTTO-ULIANA *et al.*, 2013).

A radiação gama é capaz de interagir com moléculas e átomos criando radicais livres que podem modificar componentes importantes das células da planta. Esses radicais, dependendo da dose de irradiação, podem afetar a morfologia, a anatomia, a bioquímica e a fisiologia das plantas. Os efeitos consistem em mudanças na estrutura celular da planta e no metabolismo, como, dilatação das membranas de tilacoides, alteração na fotossíntese, na modulação do sistema antioxidante e aumento de compostos fenólicos (MOGHADDAM *et al.*, 2011).

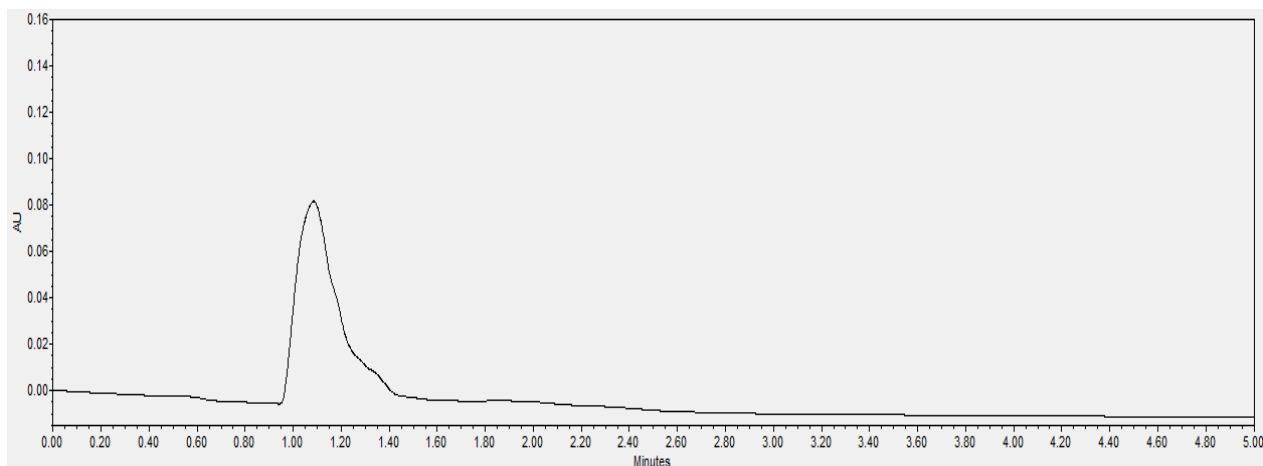
A dose de radiação pode influenciar no teor de compostos fenólicos, bem como outros fatores como tipo de planta, região geográfica, solventes utilizados na extração, tratamentos e processos tecnológicos, níveis de atividade de água durante o armazenamento e as características de cada composto fenólico e de cada alimento (ITO *et al.*, 2016; KHATTAK; SIMPSON; IHSANULLAH, 2008).

Ainda, a composição dos compostos fenólicos em frutas pode ser modificada por fatores pós-colheita como o armazenamento e processamento, os quais promovem oxidação enzimática e química dos compostos fenólicos, contribuindo para a sua redução (KAUR; KAPOOR, 2001; TREMOCOLDI *et al.*, 2014). Pode-se notar que a radiação gama pode ter preservado os compostos fenólicos durante o armazenamento.

Ácido ascórbico

O morango (*Fragaria x ananassa*) é uma das frutas mais consumidas no mundo devido a agradável característica sensorial e valor nutritivo, destacando-se a vitamina C com um teor de cerca de 60 mg.100 g⁻¹ de fruto (PROTEGGENTE *et al.*, 2002). Essa vitamina atua como antioxidante oferece proteção contra algumas doenças e contra os aspectos degenerativos do envelhecimento (KLUGE *et al.*, 2002). Conhecida como ácido ascórbico, forma reduzida, sendo o ácido L-ascórbico a sua forma principal e biologicamente ativa, a vitamina C faz parte de um grupo de substâncias químicas complexas imprescindíveis para o funcionamento adequado do organismo (OLIVEIRA *et al.*, 2006; SILVA, 2010). Um exemplo de cromatograma típico do ácido ascórbico em morangos irradiados está representado na **Figura 12**.

Figura 12 - Cromatograma típico do ácido ascórbico em morangos irradiados por cromatografia líquida de ultra eficiência no comprimento de onda de 254 nm.



Perdas de substâncias nutritivas podem ocorrer com o armazenamento dos frutos, especialmente de vitamina C, oriundas das transformações sofridas no processo de amadurecimento dos mesmos (CHITARRA; CHITARRA, 2005). O produto da oxidação do ácido ascórbico é o ácido desidroascórbico, gerado pela ação das enzimas ascorbato oxidase e ascorbato peroxidase ou pela presença de metais. O ácido ascórbico quando participa do sistema antioxidante protegendo o vegetal de danos oxidativos, formando o ácido desidroascórbico (DEUTSCH, 2000; SANTOS, 2005).

Nesse estudo, para o ácido ascórbico, houve interação significativa entre as doses de irradiação e o tempo de armazenamento (**Tabela 6**). É possível observar que os morangos irradiados com a dose de 1,6 kGy no sexto dia de armazenamento apresentou o maior valor comparada com os frutos irradiados com as doses 0,8; 1,6 e 2,4 kGy do primeiro dia de estudo e com os morangos irradiados com a dose 1,6 kGy no último dia de análise.

Tabela 6 - Valores de ácido ascórbico em morangos tratados com diferentes doses de irradiação gama (0; 0,8; 1,6; 2,4 kGy) armazenados por até 9 dias sob refrigeração (10±1°C) e 90±5% UR.

Doses (kGy)	Ácido ascórbico (mg.100 ⁻¹ de fruto)			
	Tempo (Dia)			
	0	3	6	9
0	98,07(9,22) AB	103,63(8,86) AB	104,33(10,76) AB	*
0,8	80,46(5,89) A	112,31(9,12) AB	106,00(16,05) AB	106,25(11,67) AB
1,6	91,33(6,59) A	104,94(7,11) AB	121,08(9,50) B	85,26(9,16) A
2,4	86,56(13,18) A	107,59(14,74) AB	109,41(12,37) AB	107,85(8,09) AB

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância. Os dados representam o valor médio (DP). * Parcela perdida do tratamento controle (0 kGy) no dia 9.

Esses resultados foram diferentes dos encontrados em camu-camu submetidos à irradiação gama 0; 1,0 e 2,0 kGy e armazenados sob refrigeração por 21 dias, todos os tratamentos apresentaram redução no teor de ácido ascórbico com valor mais expressivo nos frutos do tratamento controle (SANCHES *et al.*, 2017). Em framboesas submetidas à irradiação gama 0; 0,5; 1 e 2 kGy e armazenadas a 1°C por 12 dias, foi observado aumento no teor de ácido ascórbico durante o armazenamento para os frutos irradiados nas doses de 1 e 2 kGy, enquanto que as framboesas irradiadas nas doses de 0 e 0,5 kGy apresentaram os maiores valores de ácido ascórbico até 9 dias de armazenamento (GUIMARÃES *et al.*, 2013).

Hussain *et al.* (2010) constataram em um trabalho com pêssegos irradiados que a diminuição de vitamina C se deve em grande parte ao armazenamento e não ao tratamento de irradiação. A radiação gama em doses adequadas não influencia significativamente nos conteúdos de macronutrientes e micronutrientes dos frutos, como nas vitaminas (KHATTAK; SIMPSON, 2010). Segundo Klein (1987) os radicais livres, os peróxidos e as carbonilas formadas durante o processo de irradiação podem reagir com as vitaminas e alterar suas concentrações.

A composição química dos frutos varia naturalmente com o grau de maturação, fatores ambientais e genéticos. O teor de ácido ascórbico em muitos frutos aumenta durante o amadurecimento na árvore, em outros, o teor aumenta após a colheita (ANDRADE, 1991; GALVÃO, 2013). Verificou-se que a variação nos valores do ácido

ascórbico pode ser devido ao armazenamento pós-colheita dos frutos e não ao tratamento de irradiação.

Propriedades colorimétricas

Alguns compostos fenólicos são diretamente responsáveis por importantes propriedades sensoriais nos morangos, incluindo sabor, aroma, cor e aparência (HOLZWARTH *et al.*, 2012). De acordo com Guerreiro *et al.* (2016) a cor da superfície é um dos fatores mais atraentes que influenciam o consumidor na compra de alimentos frescos. Assim além de auxiliar na caracterização dos diferentes pigmentos, tais como antocianinas, clorofilas e carotenóides, a cor é muito utilizada para avaliar a qualidade de alimentos e sua aceitação comercial (LIMA; MÉLO; GUERRA, 2007). Desse modo, os morangos frescos são bastante apreciados por sua coloração vermelho brilhante, que está associada com a preservação da sua qualidade (BURSAC KOVACEVIC *et al.*, 2015).

As enzimas polifenoloxidase e peroxidase podem causar alterações de cor em vegetais (GOKMEN, 2010). Além disso, o tempo e a temperatura de estocagem também podem provocar degradação da cor em produtos de origem vegetal (MILAGRES, 2014).

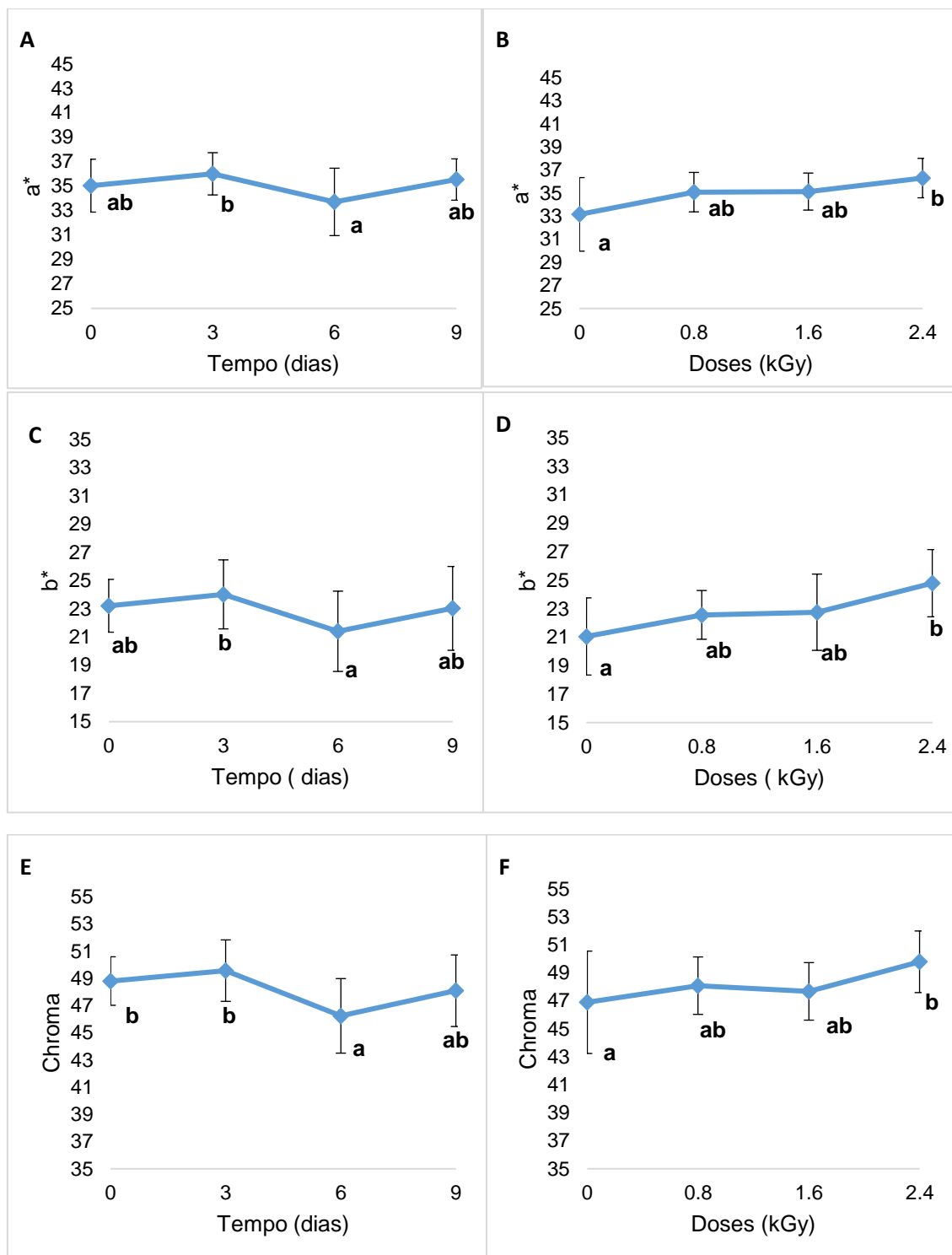
A irradiação, assim como outras tecnologias de conservação dos alimentos, pode causar a destruição de pigmentos em frutas, por isso é importante verificar se existe mudança de cor entre os morangos irradiados e não irradiados (SHAHBAZ *et al.*, 2014). A irradiação também pode alterar a estrutura da enzima polifenoloxidase afetando a cor dos frutos (MISHRA *et al.*, 2012; SUN *et al.*, 2009).

A análise das propriedades das cores foi realizada para os morangos controle e irradiados, os resultados estão apresentados na **Figura 13**, na **Tabela 7** e na **Tabela 8**. Pode ser verificado que os parâmetros a^* , b^* e o chroma demonstraram comportamentos semelhantes, observa-se que para essas variáveis a interação dos fatores doses de irradiação e tempo de armazenamento foram não significativas. Verifica-se que os dias de armazenamento apresentaram diferença significativa, ocorrendo uma queda dessas variáveis do terceiro dia para o sexto dia de

armazenamento (**Figuras 13 A; 6C; 6E**). Já para as doses de irradiação, houve diferença significativa entre o morango controle (0 kGy) e os morangos irradiados com a dose de 2,4 kGy, sendo o tratamento irradiado aquele que apresentou os maiores valores para os parâmetros a^* , b^* e o chroma (**Figuras 13 B; 6D; 6F**).

O valor de a^* permaneceu sempre positivo, indicando que os morangos apresentaram cor característica vermelha. De acordo com Conti, Minami e Tavares (2002) valores de chroma maiores que 36 são considerados frutos com homogeneidade de cor. Portanto, os morangos do presente estudo obtiveram cores homogêneas (**Figura 13 F**).

Figura 13 – Valores de parâmetros a^* (A), b^* (C) e Chroma (E) de morangos cv. Albion armazenados por até 9 dias sob refrigeração ($10\pm 1^\circ\text{C}$) e $90\pm 5\%$ UR. Parâmetros a^* (B), b^* (D) e Chroma (F) de morangos cv. Albion submetidos a diferentes doses de irradiação gama (0; 0,8; 1,6; 2,4 kGy).



Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de significância. As barras verticais representam um desvio padrão acima e abaixo do valor médio.

O ângulo Hue é a medida que determina a tonalidade, permitindo diferenciar as cores. Este parâmetro varia de 0° ao 360°, sendo a cor vermelha representada por até 90° (RAMOS; GOMIDE, 2007). Não foi verificada nenhuma diferença significativa nos valores do ângulo Hue para os morangos submetidos aos diferentes tratamentos durante o período de armazenamento estudado, os valores encontrados variaram de 30,60° a 34,8, o que representa a tonalidade vermelha (**Tabela 7**).

Tabela 7 - Valores de ângulo Hue em morangos tratados com diferentes doses de irradiação gama (0; 0,8; 1,6; 2,4 kGy) armazenados por até 9 dias sob refrigeração (10±1°C) e 90±5% UR.

Doses (kGy)	Ângulo Hue			
	Tempo (Dia)			
	0	3	6	9
0	33.73 (2.15) A	32.48 (0.48) A	30.81 (2.27) A	*
0,8	33.27 (0.78) A	33.01 (1.30) A	31.78 (2.80) A	33.20 (1.23) A
1,6	33.29 (2.15) A	34.19(1.38) A	33.17 (2.28) A	30.59 (2.29) A
2,4	33.73 (1.42) A	34.79 (2.06) A	33.88 (1.54) A	34.62 (1.47) A

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância. Os dados representam o valor médio (DP). * Parcela perdida do tratamento controle (0 kGy) no dia 9.

Han *et al.* (2004) informam que os valores do ângulo Hue podem diminuir durante o armazenamento devido à síntese de antocianinas, pigmentos que contribuem para a cor vermelha dos morangos. Como no presente trabalho o ângulo Hue e as antocianinas não apresentaram diferença significativa nas diferentes doses de radiações gama durante o período de tempo avaliado, podemos observar que provavelmente não houve síntese de antocianinas durante o armazenamento.

Verifica-se para o parâmetro L* que a interação dos fatores dose de irradiação e tempo de armazenamento foi significativa. Verifica-se na **Tabela 8**, que os frutos irradiados com a dose de 2,4 kGy no terceiro dia apresentou o maior valor da variável L* quando comparada com os frutos controle (0 kGy) e os morangos irradiados na dose 0,8 kGy no sexto dia e os frutos irradiados na dose 1,6 kGy no nono dia.

Tabela 8 - Valores de parâmetro L* em morangos tratados com diferentes doses de irradiação gama (0; 0,8; 1,6; 2,4 kGy) armazenados por até 9 dias sob refrigeração (10±1°C) e 90±5% UR.

Doses (kGy)	L *			
	Tempo (Dia)			
	0	3	6	9
0	34,49(1,69) ABCD	34,52(0,21) BCD	30,34(1,80) A	*
0,8	35,01(0,62) CD	32,53(1,47) ABCD	31,12(0,99) ABC	32,66(0,90) ABCD
1,6	32,56(0,82) ABCD	33,38(1,39) ABCD	32,32(1,11) ABCD	30,47(2,39) AB
2,4	33,62(1,28) ABCD	35,77(1,81) D	32,74(0,63) ABCD	34,03(1,64) ABCD

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância. Os dados representam o valor médio (DP). * Parcela perdida do tratamento controle (0 kGy) no dia 9.

O comportamento dos parâmetros a^* e b^* nesse estudo foi similar ao encontrado por Wang e Meng (2016), que avaliaram mirtilos irradiados nas doses 0 até 3,0 kGy (com intervalos de 0,5 kGy) e armazenados a temperatura de 0±0,5°C por 35 dias. Esses autores observaram que os valores de a^* e b^* aumentaram ao longo dos dias estudados e os valores de L^* e chroma apresentaram um declínio durante o armazenamento, sendo que o tratamento de irradiação de 2,5 kGy foi considerado o tratamento mais viável por manter a cor dos frutos. Scolforo (2014) avaliou o efeito da irradiação em morangos nas doses 0; 1; 2; 3; 4 kGy e encontrou valores para chroma e L^* similares aos do presente estudo. Nesse mesmo trabalho, Scolforo (2014), analisou os parâmetros a^* , b^* , L^* , chroma e h° e observou que os resultados não apresentaram diferença significativa.

Serapian e Prakash (2016) estudaram morangos irradiados na dose de 400 Gy e verificaram que os parâmetros a^* , b^* e L^* não foram afetados, informando que a utilização de baixas doses de irradiação não afetou as cores desses frutos. Em polpa de camu-camu que foram submetidas irradiação gama nas doses 0, 2, 4 e 6 kGy, armazenadas a 6°C e à temperatura ambiente (26°C) por um período de armazenamento de 1 e 15 dias, os dados do índice chroma para as amostras estudadas indicaram a perda da coloração da polpa durante a estocagem, principalmente no armazenamento em temperatura ambiente. Para os valores de L^* no primeiro período houve um aumento gradual conforme a elevação da dose de irradiação. Já para os valores de L^* no segundo período de armazenamento (15 dias)

houve aumento da luminosidade em relação ao primeiro período, em todos os tratamentos, possivelmente devido à degradação das antocianinas (OLIVEIRA *et al.*, 2013a).

Outro trabalho em que foram avaliadas a aplicação de diferentes doses de radiação gama 0; 0,5; 1,0 e 1,5 kGy em morangos armazenados refrigerados ($0\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $90\pm 5\%$ UR) durante 15 dias, não foram observada diferença significativa para as variáveis L^* e chroma. Os autores desse trabalho confirmam que independente da dose de radiação utilizada, a coloração dos morangos não diferiu significativamente, mantendo os frutos atrativos para o consumidor (NASSUR *et al.*, 2016).

De acordo com Youssef *et al.* (2002) a radiação gama pode aumentar a atividade da polifenoloxidase, possivelmente em resposta ao estresse ocorrido durante o processo. Essa enzima em contato com o oxigênio provoca a oxidação dos compostos fenólicos e formação de quinonas que são compostos responsáveis pelo desenvolvimento da coloração escura (MILAGRES, 2014; YOUSSEF *et al.*, 2002). Silva e Koblitz (2010) informam que o escurecimento dos vegetais ocorre quando eles apresentam algum tipo de lesão ou simplesmente tem contato com o oxigênio ocorrendo o escurecimento devido a ação conjunta da atividade enzimática principalmente da polifenoloxidase juntamente com a peroxidase. Os resultados da análise colorimétrica permitiram garantir que as doses de irradiação analisadas preservaram a cor do morango, o que é essencial para sua qualidade.

Correlação dos dados

O estudo de correlação envolve duas ou mais variáveis com a finalidade de identificar a relação entre as mesmas. O coeficiente de correlação de Pearson é bastante utilizado para analisar a intensidade e a direção da relação linear entre as variáveis (RODRIGUES; IEMMA, 2009; SCOLFORO, 2014). No caso de falta de normalidade, utiliza-se o coeficiente não paramétrico de Spearman.

O coeficiente de correlação linear simples (r) varia de -1 a +1. Quanto mais próximo de um (em módulo) é este coeficiente, mais forte é a associação. Resultados de correlação negativos informam que, quanto maior o valor de uma variável, menor o valor da outra variável. Resultados positivos apresentam correlação linear positiva,

ou seja, quanto maior o valor de uma variável, maior o valor da outra variável. Resultados mais próximos de zero indicam que não há relação linear entre as variáveis (RODRIGUES; IEMMA, 2009; SCOLFORO, 2014).

As análises de correlação dos dados estão apresentadas na **Tabela 9**. De acordo com Shimakura e Ribeiro Júnior (2005) se o coeficiente de correlação linear entre duas variáveis é, em módulo, menor que 0,19, considera-se que houve uma correlação muito fraca. Se o coeficiente de correlação linear, em módulo, estiver entre 0,20 e 0,39, a correlação é considerada fraca; entre 0,40 e 0,69 a correlação é dita moderada; entre 0,69 e 0,89 a correlação é considerada forte; e superior a 0,90 a correlação é dita muito forte. Observa-se que houve poucas correlações significativas fortes.

Segundo esta classificação, verifica-se moderada correlação positiva entre o ácido ascórbico e os compostos fenólicos totais ($r=0,599$). Esse resultado indica que quanto maior o teor de ácido ascórbico maior o teor de compostos fenólicos totais. A técnica de determinação de compostos fenólicos totais pelo método colorimétrico utilizando o reagente Folin Ciocalteau pode ser interferida pela presença do ácido ascórbico (BALASUNDRAN; SUNDRAN; SAMMAN, 2006; CASTELUCCI, 2015; GENOVESE *et al.*, 2003), podendo esta ser uma justificativa para sua correlação positiva com os compostos fenólicos totais neste estudo.

Outras correlações positivas moderadas notadas foram entre antocianina e quercetina ($r= 0,439$), ácido gálico com ácido clorogênico ($r= 0,431$) e ácido elágico ($r=0,626$), ácido clorogênico com catequina ($r=0,461$) e ácido elágico ($r=0,565$). O parâmetro L^* também apresentou correlação positiva moderada com o ácido clorogênico ($r=0,503$) o que pode indicar que morangos mais claros contêm maiores teores deste ácido.

Correlações positivas fracas foram observadas entre catequina ($r=0,365$) e ácido elágico ($r=0,319$), compostos fenólicos totais com catequina ($r=0,378$) e quercetina ($r=0,332$), catequina e quercetina ($r=0,315$), ácido clorogênico com os parâmetros b^* ($r=0,306$), chroma ($r=0,334$) e ângulo Hue ($r=0,367$). Foi verificado também correlação positiva fraca entre parâmetro L^* com ácido gálico ($r=0,368$) e ácido elágico ($r=0,302$).

Deve-se levar em consideração que não é adequado concluir que as mudanças em uma variável causam mudanças em outra variável com base apenas na

correlação. Somente experimentos adequadamente controlados permitem determinarmos se uma relação é causal.

Tabela 9 - Correlação dos dados do ácido ascórbico, dos fenólicos totais, das antocianinas, do ácido gálico, do ácido clorogênico, da catequina, do ácido elágico, da quercetina, dos parâmetros L*, a*, b*, do chroma e do ângulo Hue.

	Ácido ascórbico	Fenólicos Totais	Antocianina	Ácido gálico	Ácido clorogênico	Catequina	Ácido elágico	L*	a*	b*	Quercetina	Chroma
Fenólicos Totais	0,599**											
Antocianina	0,061	0,122										
Ácido gálico	- 0,162	- 0,296	0,035									
Ácido clorogênico	- 0,030	- 0,004	- 0,129	0,431**								
Catequina	0,365**	0,378**	- 0,129	-0,267	0,461**							
Ácido elágico	0,319**	0,257	0,129	0,626**	0,564**	0,164						
L*	- 0,086	0,059	-0,166	0,368**	0,503**	0,055	0,302**					
a*	0,137	0,057	-0,289	0,190	0,280	0,179	0,254	0,508**				
b*	0,017	0,141	-0,230	0,188	0,306**	0,210	0,277	0,760**	0,819**			
Quercetina	0,161	0,332**	0,439**	-0,030	-0,018	0,315**	0,154	-0,238	-0,145	-0,182		
Chroma	- 0,004	0,042	-0,225	0,267	0,334**	0,144	0,265	0,857**	0,906**	0,896**	-0,213	
Ângulo Hue	- 0,058	0,076	-0,151	0,103	0,367**	0,043	0,237	0,638**	0,416**	0,821**	-0,148	0,564**

**correlação significativa ao nível de 5% de significância.

Scolforo (2014) estudou a utilização de diferentes doses de irradiação gama (0; 1; 2; 3; 4 kGy) em morangos e encontrou correlação positiva para antocianinas, determinada pelo método de pH diferencial, as variáveis a^* e chroma e correlação negativa com o parâmetro L^* , resultados que eram de se esperar porque as antocianinas estão relacionadas com a cor característica do morango. Shahbaz *et al.* (2014) avaliaram a aplicação de diferentes doses de irradiação gama (0; 0,4; 1 e 2 kGy) em romãs e encontraram uma forte correlação positiva entre atividade antioxidante, determinado pelos ensaios DPPH e ABTS, compostos fenólicos totais e antocianinas, concluindo que as antocianinas contribuem significativamente para a atividade antioxidante.

Análises microbiológicas

As frutas e os vegetais frescos são considerados veículos de doenças alimentares de origem fecal pela presença de *Escherichia coli* e *Salmonella* spp. que podem estar presentes na água utilizada para irrigação, no esterco do solo ou devido à falta de higiene dos manipuladores envolvidos durante a colheita e armazenamento (GANGLIARDI; KARNIS, 2000). De acordo com Mridha *et al.* (2017) a presença de alta concentração de bactérias e fungos em morangos também pode ser devido a água de irrigação, ao esterco no solo ou a falta de higiene dos manipuladores de alimentos. Um dos maiores benefícios do uso da radiação gama é o controle de microrganismos patogênicos, portanto, avaliou-se sua incidência nos morangos irradiados e não irradiados.

A RDC nº 12 de 2 de janeiro de 2001 da ANVISA estabelece para frutas frescas, *in natura*, preparadas, sanificadas, refrigeradas ou congeladas, para consumo direto, um limite máximo de 5×10^2 NMP.g⁻¹ para coliformes a 45 °C e ausência de *Salmonella* em 25 g do produto (BRASIL, 2001). A legislação sanitária não estabelece limite para a contagem de bolores e leveduras.

Verifica-se a partir da **Tabela 10** que o número mais provável de coliformes a 35°C e 45°C ficou entre os limites estabelecidos pela legislação para os morangos controle (0 kGy) e irradiados em todo o período de análise e não foi detectada a presença de *Salmonella*. Além disso, é possível perceber que com o

aumento das doses de irradiação o número mais provável de coliformes totais, bolores e leveduras reduziram, sendo os frutos irradiados com a dose de 2,4 kGy a mais eficiente no controle destes microrganismos durante o período avaliado.

Tabela 10 - Resultado das análises microbiológicas para morangos tratados com diferentes doses de irradiação gama (0; 0,8; 1,6; 2,4 kGy) armazenados por até 9 dias sob refrigeração ($10\pm 1^\circ\text{C}$) e $90\pm 5\%$ UR.

Tempo (dias)	Doses (kGy)	Coliformes Totais (NMP g ⁻¹)	Bolores e leveduras (UFC g ⁻¹)
0	0	< 3,0	$6,55 \times 10^5$
	0,8	< 3,0	$5,90 \times 10^5$
	1,6	< 3,0	$7,35 \times 10^3$
	2,4	< 3,0	$7,75 \times 10^3$
3	0	1100	$1,46 \times 10^6$
	0,8	150	$> 5,00 \times 10^5$
	1,6	15	$7,50 \times 10^5$
	2,4	3,6	$> 5,00 \times 10^5$
6	0	1100	$5,00 \times 10^5$
	0,8	460	$9,65 \times 10^5$
	1,6	43	$1,94 \times 10^6$
	2,4	9,2	$4,30 \times 10^5$
9	0	*	*
	0,8	1100	$5,05 \times 10^5$
	1,6	12	$5,50 \times 10^4$
	2,4	23	$2,64 \times 10^4$

* Parcela perdida do tratamento controle (0 kGy) no dia 9.

Os resultados encontrados confirmam o benefício da radiação gama, uma vez que os frutos não irradiados apresentaram visualmente um grande crescimento de fungos no nono dia de armazenamento (**Figura 14**), momento em que foram descartados caracterizando a parcela perdida para o tratamento controle (0 kGy) no dia 9.

Figura 14 - Morango controle (0 kGy) sob refrigeração ($10\pm 1^\circ\text{C}$) e $90\pm 5\%$ UR no nono dia de armazenamento.



Na **Figura 15**, pode-se observar amostras dos morangos irradiados (0,8;1,6 e 2,4 kGy) e armazenamentos por até 9 dias sob refrigerados ($10\pm 1^{\circ}\text{C}$) e $90\pm 5\%$ UR.

Figura 15 - Morangos submetidos a doses de irradiação gama (0,8; 1,6; 2,4 kGy) e armazenados por até 9 dias sob refrigeração ($10\pm 1^{\circ}\text{C}$) e $90\pm 5\%$ UR.



Mridha *et al.* (2017) obtiveram resultados similares aos encontrados no presente trabalho avaliando-se os efeitos das doses de irradiação gama (0; 0,5; 1,0 e 1,5 kGy) em morangos durante 6 dias de armazenamento. O estudo mostrou que o morango não irradiado estragou completamente dentro dos 6 dias, enquanto que as amostras que receberam radiação gama de 1,5 kGy permaneceram adequadas para consumo com base nas análises físico-químicas, microbiológicas e sensorial. Os autores notaram que durante o armazenamento houve um aumento de bactérias e fungos tanto para os morangos não irradiados quanto para os irradiados na dose mais baixa, dessa forma foi percebido que doses baixas não eliminam todos os microrganismos, mas reduzem a contaminação total (ICGFI 1998; MRIDHA *et al.* 2017). Pode-se verificar também no presente trabalho o crescimento de bolores e leveduras.

Em morangos avaliados nas doses de irradiação gama 0; 0,5; 1,0 e 1,5 kGy armazenados refrigerados ($0\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $90\pm 5\%$ UR) por 15 dias foi relatado resultados parecidos com o do presente estudo em que os frutos irradiados com

1,5 kGy apresentaram menor índice visual de podridão em relação aos demais tratamentos nos últimos dias de armazenamento (NASSUR *et al.*, 2016). Amoras não irradiadas e irradiadas nas doses 1,0 e 1,5 kGy foram armazenadas por 2 dias a 4°C e verificou-se que as amostras irradiadas apresentaram menor crescimento de microrganismos sendo os sobreviventes constituídos principalmente por fungos e leveduras (OLIVEIRA *et al.*, 2013b).

Verde *et al.* (2013) estudaram os efeitos da radiação gama em framboesas nas doses 0; 0,5; 1,0 e 1,5 kGy por até 14 dias a 4 °C, observaram que o tratamento de 1,5 kGy foi o mais eficiente para redução do crescimento de microrganismos. Em outro trabalho com framboesas submetidas à irradiação gama 0; 0,5; 1,0 e 2,0 kGy e armazenadas a 1°C por 12 dias houve crescimento de fungos com o tempo. Com respeito à dose de irradiação, pode-se dizer que a maior dose resultou no menor crescimento microbiano (GUIMARÃES *et al.*, 2013).

A eficácia da radiação na inativação de microrganismos é atribuída principalmente ao dano no DNA (DE-RUITER; DWYER, 2002; HUSSAIN; DAR; WANI, 2012). Os efeitos da irradiação na molécula de DNA levam a incapacidade da célula de replicar-se levando a sua morte. As radiações geram produtos de radiólise da água, que por sua vez combinam com componentes celulares especialmente bases da molécula de DNA, levando a mutações na célula. As mutações induzidas podem ser ambas reparáveis e irreparáveis, esta última leva a morte da célula (BASKARAN; DEVI; NAYAK, 2007; HUSSAIN; DAR; WANI, 2012; ZHANG *et al.*, 2006).

Byun *et al.* (2001) observaram que, após a irradiação, as células dos microrganismos são danificadas e gradativamente são inativadas. Esses danos aumentam a sensibilidade do microrganismo ao meio no qual o mesmo se encontra durante o armazenamento. O efeito é semelhante ao que ocorre com os alimentos tratados termicamente, ou seja, o microrganismo torna-se incapaz de reparar o dano causado levando a morte (LEISTNER, 1996). Deve-se ressaltar que as tecnologias não-térmicas, como a irradiação, têm a capacidade de inativar microrganismos em temperatura ambiente, evitando efeitos indesejáveis que o calor causa no sabor, cor e valor nutricional dos alimentos. A irradiação também tem a vantagem de que os produtos são processados no

estágio de embalagem final, reduzindo a possibilidade de contaminação cruzada até a chegada ao consumidor (VERDE *et al.*, 2013).

6. CONCLUSÃO

O estudo mostrou que as amostras não irradiadas tornaram-se impróprias para consumo depois do sexto dia de armazenamento, enquanto as amostras que receberam radiação gama mantiveram as qualidades físico-químicas e microbiológicas ao longo dos nove dias de armazenamento. A irradiação em baixas doses e sob refrigeração possibilitou um acréscimo de três dias no período de comercialização dos morangos.

O tratamento de irradiação não interferiu no conteúdo de antocianinas ao longo do tempo de armazenamento avaliado. Foi possível notar que as doses utilizadas não influenciaram na perda dos compostos fenólicos, ocorrendo a manutenção desses compostos com a aplicação da radiação gama ao longo do armazenamento. Verificou-se que a variação nos valores do ácido ascórbico pode ser devido ao armazenamento pós-colheita dos frutos e não ao tratamento de irradiação.

As doses aplicadas não interferiram na cor vermelha característica do morango. Para a correlação dos dados, poucas correlações positivas moderadas foram encontradas entre as variáveis quantitativas.

O número mais provável de coliformes a 35°C e 45 °C estavam dentro do limite estabelecidos pela legislação para os morangos controle e irradiados e não foi detectado a presença de *Salmonella*. Os frutos irradiados na dose 2,4 kGy mostraram-se mais eficiente no controle dos microrganismos durante o período avaliado, sendo está a dose mais ideal a ser utilizada para o aumentar a vida útil dos morangos da cv. Albion.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AABY, K.; EKEBERG, D.; SKREDE, G. Characterization of phenolic compounds in strawberry (*Fragaria x ananassa*) fruits by different HPLC detectors and contribution of individual compounds to total antioxidant capacity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.55, p. 4395-406, 2007.

AABY, K.; MAZUR, S.; NES, A.; SKREDE, G. Phenolic compounds in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) fruits: Composition in 27 cultivars and changes during ripening. **Food Chemistry**, v. 132, p. 86-97, 2012.

AABY, K.; SKREDE, G.; WROLSTAD, R. E. Phenolic composition and antioxidant activities in flesh and achenes of strawberries (*Fragaria x ananassa*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.53, n.10, p.4032-4040, 2005.

AABY, K.; WROLSTAD, R.E.; EKEBERG, D.; SKREDE, G. Polyphenol composition and antioxidant activity in strawberry purees; Impact of achene level and storage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.55, n.13, p.5156-5166, 2007.

ABDILLE, M. H.; SINGH R. P.; JAYAPRAKASHA, G. K.; JENA, B. S. Antioxidant activity of the extracts from *Dillenia indica* fruits. **Food Chemistry**, Washington, v. 90, p. 891-896, 2005.

AKRAN, K.; KWON, J. Food Irradiation for mushrooms: a review. **Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry**, v.53, p.257-265, 2010.

ALOTHMAN, M.; BHAT, R.; KARIM, A. A. Effects of radiation processing on phytochemicals and antioxidants in plant produce. **Trends in Food Science & Technology**, v.20, n. 5, p. 201-212, 2009.

ALVES, R. M. **Segurança alimentar através da formação de 2-alcilciclobutanonas em alimentos processados por radiação ionizante**. 2016. 52f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

Amantes da Biologia com o professor Alan Calvet. 2016. Disponível em:

<<http://alancalvet.blogspot.com/2016/04/pseudofrutos-o-que-e.html>> Acesso em: 16 jul. 2018.

ANDRADE, J.S. **Curvas de maturação e características nutricionais do camu-camu (*Myrciaria dubia* (HBK) McVaugh) cultivado em terra firme na Amazônia Central Brasileira.** 1991. 177 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 1991.

ANDRADE, R. S. G. de; DINIZ, M. C. T.; NEVES, E. A.; NÓBREGA, J.A. Determinação e distribuição de ácido ascórbico em três frutos tropicais. **Eclética Química**, São Paulo, v.27, 2002.

ANDREWS, L. S. *et al.* Food preservation using ionizing radiation. **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**, p.154, 1998.

ANTONIO, A.L.; FERNANDES, A.; BARREIRA, J.C.M.; BENTO, A.; BETELHO, M.L.; FERREIRA, I.C.F.R. Influence of gamma irradiation in the antioxidant potential of chestnuts (*Castanea sativa* Mill.) fruits and skins. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v.49, p. 1918-1923, 2011.

ANTUNES, L. E. C.; PERES, N. A. Strawberry production in Brazil and South America. **International Journal of Fruit Science**, v. 13, n.1-2, p.156-161, 2013.

AO/IAEA. Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture International Atomic Energy Agency. (2012). Food irradiation: A better way to kill microbes associated with food borne illness.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists.** Arlington: AOAC. International, 16. ed. v. 2, 1998.

ÁVILA, J.M.M. **Análise de voláteis por CG e de compostos bioativos por CLAE (DAD, UV, e EM/EM) em morangos em função de sistemas de produção e do armazenamento a frio.** 2012. 121 f. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

BALASUNDRAN, N.; SUNDRAN, K.; SAMMAN, S. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products; Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. **Food Chemistry**, Barking, v. 99, p.191-203, 2006.

BASKARAN, R.; DEVI, A.U.; NAYAK, C.A. Effect of low-dose gamma irradiation on the shelf-life and quality characteristics of minimally processed potato cubes under modified atmosphere packaging. **Radiation Physics and Chemistry**, v.76, p.1042-1049, 2007.

BASTOS, D. H. M.; OLIVEIRA, D. M.; MATSUMOTO, R. L. T; CARVALHO, P. O.; RIBEIRO, M. L. Yerba maté: pharmacological properties, research and biotechnology. **Medicinal and Aromatic Plant Science and Biotechnology**, v.1, n.1, p. 37-46, 2007.

BATE-SMITH, E.C. Detection and determination of ellagitannins. **Phytochemistry**, v.11, p.1153-1156, 1972.

BORDIGNON JR, C. L. **Análise química de cultivares de morango em diferentes sistemas de cultivo e época de colheita**. 2008. 132 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, 2008.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução nº21, de 26 de janeiro de 2001. Aprova regulamento técnico para irradiação de alimentos. **Diário Oficial União**, Brasília, DF, 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 62, de 26 de agosto de 2003. Oficializa os Métodos Analíticos Oficiais para Análises Microbiológicas para Controle de Produtos de Origem Animal e Água. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2003.

BRASIL. Agência Nacional da Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução RDC nº12, de 2 de janeiro de 2001. Estabelece padrões microbiológicos sanitários para alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2001.

BRASIL. Ministério da Saúde. Decreto nº 72. 718, de 29 de agosto de 1973. Estabelece normas gerais sobre irradiação de alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 1973.

BREITFELLNER, F.; SOLAR, S.; SONTAG, G. Radiation induced chemical changes of phenolic compounds in strawberries. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 67, p.497-499, 2003.

BUENDIA, B.; GIL, M. I.; TUDELA, J. A.; GADY, A. L.; MEDINA, J. J.; SORIA, C.; LÓPEZ, J.M.; TOMÁS-BARBERÁN, F.A. HPLC–MS analysis of proanthocyanidin oligomers and other phenolics in 15 strawberry cultivars. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.58, n.7, p. 3916-3926, 2010.

BURSAC KOVACEVIC, D.; PUTNIK, P.; DRAGOVIC-UZELAC, VAHCIC, N.; BABOJELIC, M.S.; LEVAJ, B. Influences of organically and conventionally grown strawberry cultivars on anthocyanins content and color in purees and low-sugar jams. **Food Chemistry**, v.181, p.94-100, 2015.

BYUN, M.; KIM, D.; YOON, H. S.; CHA, B. S.; KIM, J. O. Changes in microbiological and general qualities in gamma irradiated Doenjang (fermented soybean paste). **Food Science and Biotechnology**, v.10, p.7-11, 2001.

CABO VERDE, S. *et al.* Effects of Gamma Radiation on Raspberries: Safety and Quality Issues. **Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A**, v.76, n. 4-5, p. 291-303, 2013.

CALVETE, E. O.; FRANCIELE MARIANI, F.; WESP, C.L.; NIENOW, A.A.; CASTILHOS, T.; CECCHETTI, D.E.F. Fenologia, produção e teor de antocianinas de cultivares de morangueiro em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, p. 396-401, 2008.

CAMPOS, A.J. **Radiação gama, ultravioleta (uv-c) e atmosfera controlada na conservação da qualidade de tomate 'débora plus' e 'pitenza'**. 2008. 138 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Botucatu, São Paulo, 2008.

CANTILLANO, R.F.F.; SILVA, M.M. **Manuseio pós-colheita de morangos**. Embrapa Clima Temperado. Documento 318, p.36 Pelotas, Rio Grande do Sul, 2010.

CAROCHO, M.; ANTONIO, A, L.; BARROS, L.; BENTO, A.; BOTELHO, M.L.; KALUSKA, I.; FERREIRA, I, C. Comparative effects of gamma and electron beam irradiation on the antioxidant potential of Portuguese chestnuts (*Castanea sativa* Mill.). **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v. 50, p.3452-3455, 2012.

CARRATU, E.; SANZINI, E. Sostanze biologicamente attive presenti negli alimenti di origine vegetable. **Ann Ist Super Sanita**, v.41, n.1, p.7-16, 2005.

CASTELUCCI, A.C.L. **Avaliação da estabilidade dos compostos bioativos de polpas de frutas nativas submetidas ao processo de irradiação.** 2015. 133 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

CATTARUZZI, E.B. **Análise sobre a predisposição do consumidor em arcar com o custo do alimento processado por radiação ionizante.** 2012. 110 f. Tese (Doutorado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

CENTRO DE ENERGIA NUCLEAR NA AGRICULTURA E NO MEIO AMBIENTE-CENA. **Divulgação da tecnologia da irradiação de alimentos e outros materiais.** 2015.

CHAVES, V. C. **Teor de antocianinas, compostos fenólicos e capacidade de captação de radicais livres de frutos de cultivares de morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.).** 2014. 104 f. Dissertação (Mestrado em Farmácia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, 2014.

CHISTÉ, R.C.; FREITAS, M.; MERCADANTE, A. Z.; FERNANDES, E. The potential of extracts of *Caryocar villosum* pulp to scavenge reactive oxygen and nitrogen species. **Food Chemistry**, v.135, n.3, p.1740-1749, 2012.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e Manuseio.** 2 ed. rev. e ampl. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2005. 785 p.

CHO, A. S.; JEON, S. M.; KIM, M. J.; YEO, J.; SEO, K. I.; CHOI, M. S.; LEE, M. K. Chlorogenic acid exhibits anti-obesity property and improves lipid metabolism in high-fat diet-induced-obese mice. **Food and Chemical Toxicology**, v.48, p.937-943, 2010.

CLIFFORD, M.N. Chlorogenic acids and other cinnamates - nature, occurrence, dietary burden, absorption and metabolism. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.80, n.7,p.1033-1043, 2000.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR- CNEN. **Radiações ionizantes e a vida.** 2014.

CONTI, J. H.; MINAMI, K.; TAVARES, F.C.A. Produção e qualidade de frutos diferentes cultivares de morangueiro em ensaios conduzidos em Atibaia e Piracicaba. **Horticultura Brasileira**, v.20, p.10-17, 2002.

CRESCENTE-CAMPO, J.M.; NUNES-DAMACENO, M.; ROMERO-RODRIGUEZ, M.A.; VAZQUEZ-ODERIZ, M.L. Color, anthocyanin pigment, ascorbic acid and total phenolic compound determination in organic versus conventional strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch, cv Selva). **Journal of Food Composition and Analysis**, v.28, p.23-30, 2012.

CROWLEY, M.L.; GABOURY, D. J.; WITT, D. Chef's attitudes in North-Eastern US toward irradiation beef, Olestra, rBST and genetically engineered tomatoes. **Food Service Technology**, v. 2, p. 173-181, 2002.

DE VELDE, F. V.; TAROLA, A.M.; GUEMES, D.; PIROVANI, M. E. Bioactive Compounds and Antioxidant Capacity of Camarosa and Selva Strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch.). **Foods**, v.2, p.120-131, 2013.

DEL MASTRO, N. L. Development of food irradiation in Brazil. **Progress in Nuclear Energy**, New York, v. 35, n. 3-4, p. 229-248, 1999.

DE-RUITER, F.E.; DWYER, J. Consumer acceptance of irradiated foods: dawn of a new era. **Food Service and Technology**, v.2, p.47- 58, 2002.

DEUTSCH, J.C. Dehydroascorbic acid: review. **Journal of Chromatography**, Amsterdam, v. 881, p.299-307, 2000.

DIEHL, J.F. **Safety of irradiated foods**. 2. ed. New York: Marcel Dekker, 1995. 454 p.

EÇA, K.S.; MACHADO, M.T.C.; HUBINGER, M.D.; MENEGALLI, F.C. Development of Active Films From Pectin and Fruit Extracts: Light Protection, Antioxidant Capacity, and Compounds Stability. **Journal of Food Science**, v. 80, n. 11, 2015.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). 2013. **Embrapa Clima Temperado**. Resfriamento na conservação das frutas e hortaliças. Disponível em : <<http://www.paginarural.com.br/artigo/2432/resfriamento-na-conservacao-das-frutas-e-hortalicas> > Acesso em : 10 de março de 2018.

FACHINELLO, J.C.; COUTINHO, E.F.; MARODIN, G.A.B.; BOTTON, M.; DE MIO, L.L.M. **Normas técnicas e documentos de acompanhamento da produção integrada de pêssego**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, 2003. 92 p. (Documentos, 1).

FANTE, C.A. **Caracterização, qualidade e conservação pós-colheita de maçã 'Eva' (*Malus sp.*)**. 2011, 105 f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

FAO/IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture International Atomic Energy Agency. Food irradiation- a better way to kill microbes associated with food borne illness, 2012. Disponível em: <[http://www-naweb.iaea.org/nafa/news/food-irradiation.html](http://www.naweb.iaea.org/nafa/news/food-irradiation.html)> Acesso em : 1 set. 2016.

FARKAS, J. Irradiation for better foods. **Trends in Food Science & Technology, Cambridge**, v.17, n.4, p.148-152, 2006.

FARKAS, J.; MOHÁCSI-FARKAS, C. History and future of food irradiation. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v.22, n.2-3, p.121-126, 2011.

FATOS sobre irradiação de alimentos. Belo Horizonte: CDTN, 1999.46 p.

FERNANDES, C.P. **Influência do ácido abscísico, ácido-indol-3-acético, metil-jasmonato e etileno na formação de compostos voláteis do aroma em morangos (*Fragaria x ananassa*)**. 2017. 75 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2017.

FERNÁNDEZ-LARA,R.; GORDILLO,B.; RODRÍGUEZ-PULIDO, F.J.; GONZÁLEZ-MIRET , M.L.; DEL VILLAR-MARTÍNEZ, A.A.; GLORIA DÁVILA-ORTIZ, G.; HEREDIA, F.J. Assessment of the differences in the phenolic composition and color characteristics of new strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) cultivars by HPLC-MS and Imaging Tristimulus Colorimetry. **Food Research International**, v. 76, p. 645-653, 2015.

FILGUEIRAS, H. A. C.; CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Armazenamento de ameixas sob refrigeração e atmosfera modificada - 2: colapso interno (internal breakdown) e textura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 18, n. 1, p. 129-135, 1996.

FILHO, T. L.; LUCIA, S. M. D.; SCOLFORO, C. Z.; LIMA, R. M.; CANEIRO, J. C. S.; PINHEIRO, C. J. G.; JUNIOR, J. L. P.; MINIM, V. P. R. Consumer rejection threshold for strawberry radiation doses. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 23, p. 194-198, 2014.

Flexo Magazine. Colorimetria- Transformando Teoria em Resultados (Parte 2). 2010. Disponível em:<http://flexomagazine.blogspot.com.br/2010/10/colorimetria-transformando-teoria-em.html> Acesso em: 10 de abril de 2018.

FOX, J.A. Influences on purchase of irradiated foods. **Food Technology**, v.56, n.11, p.34-37, 2002.

FRANCISCO, D.C.; NASCIMENTO, V.P.; LOGUERCIO, A.P.; CAMARGO, L. Caracterização do consumidor de carne de frango da cidade de Porto Alegre. **Ciência Rural**, v.37, n.1, p.253-258, 2007.

FRANÇOSO, I.L.T.; COUTO, M.A.L.; CANNIATTI-BRAZACA; S.G.; ARTHUR, V. Alterações físico-químicas em morangos (*Fragaria anassa* Duch.) irradiados e armazenados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28, n.3, p. 614-619, 2008.

FRANQUES, G. G. **Seleção e multiplicação de clones de morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.)**. 2009. 122 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2009.

FREWER, L.J.; BERGMANN, K.; BRENNAN, M.; LION, R.; MEERTENS, R.; ROWE, G.; SIEGRIST, M.; VEREIJKEN, C. Consumer response to novel agri-food technologies: Implications for predicting consumer acceptance of emerging food technologies. **Trends in Food Science & Technology**, v. 22, p. 442-456, 2011.

GALVÃO, I.S. **Qualidade pós-colheita de camu-camu (*Myrciaria (H.B.K.) McVaugh*) em diferentes estágios de maturação, submetidos à radiação gama e refrigeração**. 2013. 100 f. Dissertação Mestrado em Ciências - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2013.

GANGLIARDI, J. V.; KARNS, J. S. Leaching of *Escherichia coli* 0157: H7 in diverse soils under various agricultural management practices. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 66, n. 3, p. 877-883, 2000.

GENOVESE, M.I.; SANTOS, R. J.; HASSIMOTTO, N.M.A.; LAJOLO, F.M. Determination of total phenolic contents in fruits. **Brazilian Journal Pharmaceutical Science**, v. 39, n.3, p. 167-169, 2003.

GIAMPIERI, F.; ALVAREZ-SUAREZ, J.M.; BATTINO, M. Strawberry and human health: Effects beyond antioxidant activity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.62, p.3867-3876, 2014.

GIAMPIERI, F. *et al.* The potential impact of strawberry on human health. **Natural Product Research**, v.27, n.4-5, p.448-455, 2013.

GIAMPIERI, F.; TULIPANI, S.; ALVAREZ-SUAREZ, J. M.; QUILES, J. L.; MEZZETTI, B.; BATTINO, M. The strawberry: Composition, nutritional quality, and impact on human health. **Nutrition**, v. 28, p.9-19, 2012.

GIUSTI, M. M.; WROLSTAD, R. E. Anthocyanins. Characterization and Measurement with UV-Visible Spectroscopy. In: Wrolstad, R. E. (Ed.). **Current Protocols in Food Analytical Chemistry**. New York: John Wiley & Sons, Unit. F1.2, p.1-13, 2001.

GOKMEN, V. Selection of the indicator enzyme for blanching of vegetables. In: BAYINDIRLI, A. (Org.). **Enzymes in fruit and vegetable processing: chemistry and engineering applications**. Boca Raton: CRC Press, 2010.

GOMES, P. **Fruticultura brasileira**. 13.ed. São Paulo: Nobel, 2007. p.342-348.

GUERREIRO, D. *et al.* Post-harvest treatment of cherry tomatoes by gamma radiation: Microbial and physicochemical parameters evaluation. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v.36, p. 1-9, 2016.

GUIMARÃES, I. C.; MENEZES, E. G. T.; ABREU, P. S.; RODRIGUES A.C., BORGES, P.R.S.; BATISTA, L.R.; CIRILO, M.A.; LIMA, L.C.O. Physicochemical and microbiological quality of raspberries (*Rubus idaeus*) treated with different doses of gamma irradiation. **Food Science and Technology**, v.33. n.2 p. 316-322, 2013.

HADDOCK, E.A.; GUPTA, R.K.; AL-SHAFI, S.M.K.; LAYDEN, K.; HASLAM, E.; MAGNOLATO, D. The metabolism of gallic acid and hexahydroxydiphenic acid in plants: Biogenetic and molecular taxonomic considerations, **Phytochemistry**, v. 21, p. 1049-1062, 1982.

HAN, C.; ZHAO, Y.; LEONARD, S. W.; TRABER, M. G. Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries (*Fragaria ananassa*) and raspberries (*Rubus ideaus*). **Postharvest Biology and Technology**, v. 33, p.67-78, 2004.

HANNUM, S.M. Potential impact of strawberries on human health: a review of the science. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.44, n.1, p.1-17, 2004.

HARRISON, K.; WERE, L. M. Effect of gamma irradiation on total phenolic content yield and antioxidant capacity of Almond skin extracts. **Food Chemistry**, v. 102, n. 3, p. 932-937, 2007.

HASSIMOTTO, N.M.A. **Atividade antioxidante de alimentos vegetais. Estrutura e estudo da biodisponibilidade de antocianinas de amoras silvestres (*Morus sp.*)**. 2005. 159 f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Universidade de São Paulo, 2005.

HENRIQUE, C.M.; CEREDA, M. P. Utilização de biofilmes na conservação pós-colheita de morango (*Fragaria Ananassa* Duch) cv IAC Campinas. **Ciência e Tecnologia em Alimentos**, v.19, n.2, p.270-276, 1999.

HERNANDES, N.K.; VITAL, H.C.; SABAA-SRUR, A.U. O. Irradiação de alimentos: vantagens e limitações. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.37, n.2, p.154-159, 2003.

HERNANZ, D.; RECAMALES, Á. F.; MELÉNDEZ-MARTINEZ, A. J.; GONZÁLEZ-MIRET, M. L.; HEREDIA, F. J. Assessment of the Differences in the Phenolic Composition of Five Strawberry Cultivars (*Fragaria x ananassa* Duch.) Grown in Two Different Soilless Systems. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v.55, p.1846-1852, 2007.

HERNÁNDEZ-MUÑOZ, P.; ALMENAR, E.; OCIO, M.J.; GAVARA, R. Effect of calcium dips and chitosan coatings on postharvest life of strawberries (*Fragaria x ananassa*). **Postharvest Biology and Technology**, v.39, n.3, p. 247-253, 2006.

HERTOG, M.G.; SWEETNAM, P.M.; FEHILY, A.M.; ELWOOD, P.C.; KROMHOUT, D. Antioxidant flavonols and ischemic heart disease in a Welsh population of men: the Caerphilly Study. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.65, p.1489-1494, 1997.

HOELZL, C. *et al.* Instant coffee with high chlorogenic acid levels protects humans against oxidative damage of macromolecules. **Molecular Nutrition & Food Research**, v.54, n.12, p. 1722-1733, 2010.

HOLZWARTH, M.; KORHUMMEL, S.; CARLE, R.; KAMMERER, D.R. Evaluation of the effects of different freezing and thawing methods on color, polyphenol and ascorbic acid retention in strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch.). **Food Research International**, v.48, p.241-248, 2012.

HUSSAIN, P. R.; WANI, A.M.; MEENA, R.S.; DAR, M.A. Gamma irradiation induced enhancement of phenylalanine ammonialyase (PAL) and antioxidant activity in peach (*Prunus persica* Bausch, Cv. Elberta). **Radiation Physics and Chemistry**, v.79, p.982-989, 2010.

HUSSAIN, P.R.; DAR, M.A.; WANI, A.M. Effect of edible coating and gamma irradiation on inhibition of mould growth and quality retention of strawberry during refrigerated storage. **International Journal of Food Science & Technology**, v.47, p. 2318-2324, 2012.

IAL, Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4 ed. 1ª edição digital. Imprensa Oficial do Estado de São Paulo. São Paulo, 2008.

International Consultative Group on Food Irradiation - ICGFI Safeguarding our harvests, assessing the use of irradiation in facilitating the achievement of food security goals in developing countries. Vienna: Joint FAO/IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture, 1998.

INFANTE, J. **Composição fenólica e atividade antioxidante de polpa, casca, semente e folha de espécies frutíferas nativas do Brasil**. 2013. 113 f Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, 2013.

ITO, V. C.; ALBERTI, A.; AVILA, S.; SPOTO, M.; NOGUEIRA, A.; WOSIACKI, G. Effects of gamma radiation on the phenolic compounds and in vitro antioxidant activity of apple pomace flour during storage using multivariate statistical techniques. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v.33, p.251-259, 2016.

JANG, A.; LEE, N.Y.; LEE, B.D.; KIM, T.H.; SON, J.H.; AN, B.J.; JO, C. Biological functions of a synthetic compound, octadeca-9, 12-dienyl-3, 4, 5-hydroxybenzoate, from gallic acid–linoleic acid ester. **Food Chemistry**, v.112, n.2, p.369-373, 2009.

JAY, J. M. **Microbiologia de alimentos**. Porto Alegre: Artmed, 2005, 711p.

JENSEN, B.; KNUDSEN, I.M.B.; ANDERSEN, B.; NIELSEN, K.F.; THRANE, U.; JENSEN, D.F.; LARSEN, J. Characterization of microbial communities and fungal metabolites on field grown strawberries from organic and conventional production. **International Journal of Food Microbiology**, v.160, n.3. p. 313-322. 2013.

JOSEPH, J.A.; SHUKITT-HALE, B.; DENISOVA, N.A.; BIELINSKI, D.; MARTIN, A.; MCEWEN, J.J.; BICKFORD, P.C. Reversals of age-related declines in neuronal signal transduction, cognitive, and motor behavioral deficits with blueberry, spinach, or strawberry dietary supplementation. **The Journal of Neuroscience**, v.19, n.18, p.8114-8121, 1999.

JOUKI, M.; KHAZAEI, N. Effect of low-dose gamma radiation and active equilibrium modified atmosphere packaging on shelf life extension of fresh strawberry fruits. **Food Packaging and Shelf Life**, p. 1-7, 2014.

KATSUBE, N.; IWASHITA, K.; TSUSHIDA, T.; YAMAKI, K.; KOBORI, M.J. Induction of apoptosis in cancer cells by Bilberry (*Vaccinium myrtillus*) and the anthocyanins, **Journal Agriculture Food Chemistry**, v.51, n.1, p. 68-75, 2003.

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

KAVITHA, C.; APARNA KUNA, A.; SUPRAJA, T.; BLESSY SAGAR S.; PADMAVATHI, T.V.N.; PRABHAKAR, N. Effect of gamma irradiation on antioxidant properties of ber (*Zizyphus mauritiana*) fruit." **Journal of Food Science and Technology**, v.52 n.5 p. 3123-3128, 2014.

KELEBEK, H.; SELLI, S. Characterization of Phenolic Compounds in Strawberry Fruits by Rp-Hplc-Dad and Investigation of Their Antioxidant Capacity. **Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies**, v. 34, n. 20, p. 2495-2504, 2011.

KHATTAK, K. F.; SIMPSON, T. J.; IHSANULLAH. Effect of gamma irradiation on the extraction yield, total phenolic content and free radical scavenging activity of *Nigella Staiva* seed. **Food Chemistry**, v.110, n.40, p.967-972, 2008.

KHATTAK, K.F.; SIMPSON, T.J. Effect of gamma irradiation on the antimicrobial and free radical scavenging activities of *Glycyrrhiza glabra* root. **Radiation Physical Chemistry**, v.79, p. 507–512, 2010.

KLEIN, B.P. Nutritional consequences of minimal processing of fruits and vegetables. **Journal of Food Quality**, v.10, p.179-193, 1987.

KLUGE, R.A. *et al.* **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. 2. ed. Campinas: Livraria e Editora Rural, 2002. 214p.

KUME, T.; FURUTA, M.; TODORIKI, S.; UENOYAMA, N.; KOBAYASHI, Y. Status of food irradiation in the world. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 78 p. 222-226, 2009.

KUPELI, A. E.; BAHADIR A. O.; SUNTAR, I.; ERGENE, B.; SALTAN C., G. Ethnopharmacological evaluation of some *Scorzonera* species: In vivo anti-inflammatory and antinociceptive effects. **Journal of Ethnopharmacology**, v.140, p.261-270, 2012.

LACROIX, M.; OUATTARA, B. Combined industrial processes with irradiation to assure innocuity and preservation of food products - A review. **Food Research International**, v.33, p.719-724, 2000.

LADO, B.H.; YOUSEF, A.E. Alternative food-preservation Technologies: efficacy and mechanisms. **Microbes and Infection**, v. 4, p. 433-440, 2002.

LEISTNER, L. Food protection by hurdle technology. **Journal of Food Protection**, v.2, p.2-27, 1996.

LEME, S.C. **Qualidade de pimentão armazenado sob refrigeração em atmosfera modificada**. 2008. 71f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais.2008.

LIDON, F.; SILVESTRE, M.M. **Conservação de alimentos: Princípios e Metodologias**. Lisboa: Escolar Editora. 2008. 232p.

LIMA, V.L.A.; MÉLO, E.A.; GUERRA, N.B.; Correlation between the anthocyanin content and aromatic characterization of acerola Pulps from fruits of different genotypes. **Brazilian Journal Food Technology**, v.10, n.1, p.51-55, 2007.

LOCATELLI, C.; LEAL, P.C.; YUNES, R.A.; NUNES, R.J.; CRECZYNSKI-PASA, T.B. Gallic acid ester derivatives induce apoptosis and cell adhesion inhibition in melanoma cells: the relationship between free radical generation, glutathione depletion and cell death. **Chemico-Biological Interactions**, v.181, n.2, p.175-184, 2009.

LYNCH, M.F.; TAUXE, R. V.; HEDBERG, C. W. The growing burden of foodborne outbreaks due to contaminated fresh produce: risks and opportunities. **Epidemiology and Infection**, v.137, n.3, p. 307-315, 2009.

MAAS, J.L.; GALLETTA, G.J. Ellagic acid, an anticarcinogen in fruits, especially in strawberries: a review. **Hortscience**, v. 26, p.10-14, 1991.

MÄÄTTÄ-RIIHINEN, K.R.; KAMAL-ELDIN, A.; MATTILA, P.H.; GONZÁLEZPARAMÁS, A.M.; TÖRRÖNEN, A.R. Distribution and contents of phenolics compounds in Eighteen Scandinavian berry species. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, p. 4477- 4486, 2004.

MAHMOOD, T.; ANWAR, F.; ABBAS, M.; SAARI, N. Effect of maturity on phenolics (phenolic acids and flavonoids) profile of strawberry cultivars and mulberry species from Pakistan. **International Journal of Molecular Sciences**, v.13, p.4591-4607, 2012.

MAJEED, A.; MUHAMMAD, Z.; MAJID, A.; SHAH, A.H.; HUSSAIN, M. Impact of low doses of gamma irradiation on shelf life and chemical quality of strawberry (*Fragaria x ananassa*) cv. 'corona'. **The Journal of Animal and Plant Sciences**, v.24, n.5 p.1531-1536, 2014.

MARAEI, R. W.; ELSAWY, K. M. Chemical quality and nutrient composition of strawberry fruits treated by gamma-irradiation. **Journal of Radiation Research and Applied Sciences**, v.10, p.80-87, 2017.

MARQUES, E.C.; COSTA, S.R R. O uso da radiação gama como tecnologia inovadora para a engenharia de produto na indústria de alimentos. **Acta Tecnológica**, v.8. n.2. p.57-67. 2013.

MATTILA. P.; HELLSTROM, J.; TÖRRÖNEN, R. Phenolic acids in berries, fruits, and beverages. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, p. 7193-7199, 2006.

MESQUITA, T.C. **Características físico-químicas, microbiológicas e sensoriais de sucos de uva integral gama-irradiados**. 2017. 112 f. Dissertação (mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.

MILAGRES, R.C.R.M. **Efeito da radiação gama do ^{60}Co na conservação e qualidade de pimenta *in natura* e polpa**. 2014. 121 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, 2014.

MISHRA, B. B.; KUMAR, S.; WADHAWAN, S.; HAJARE, S. N., SAXENA, S.; MORE, V.; GAUTAM,S.; SHARMA, A. Browning of litchi fruit pericarp: Role of polyphenol oxidase, peroxidase, phenylalanine ammonia lyase and effect of gamma radiation. **Journal of Food Biochemistry**, v.36, n.5, p.604-612, 2012.

MODANEZ, L. **Aceitação de alimentos irradiados: uma questão de educação**. 2012. 105 f. Tese (Doutorado em Ciências na área de Tecnologia Nuclear) -Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

MOGHADDAM, S.S.; JAAFAR, H.; IBRAHIM, R.; RAHMAT, A.; AZIZ, M.A.;PHILIP, E. Effects of Acute Gamma Irradiation on Physiological Traits and Flavonoid Accumulation of Centella asiatica. **Molecules**, v.16, n.6, p. 4994-5007, 2011.

MOLLER, S.V. Aplicações industriais das radiações ionizantes. In: curso de especialização em ciências radiológicas, Porto Alegre. 2014.

MPR. Minnesota Public Radio, 2001. Disponível em: <http://news.minnesota.publicradio.org/features/2001_03/1_4_postt_safefood-m>. Acesso em: 21 dez. 2017.

MOREHOUSE, K. M. Food irradiation/FUS regulatory considerations. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 63, p. 281–284, 2002.

MRIDHA, F.; HUQUE, R.; KHATUN, A.; ISLAM, M.; HOSSAIN, A.; HOSSAIN, M.D. A.; KABIR, M.D. S. Effectos of gamma irradiation on antioxidant markers, microbial population and sensory attributes of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Festival. **Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology**, v.18, n. 5-6, p. 208-218, 2017.

NAKAJIMA, J.I.; TANAKA, I.; SEO, S.; YAMAZAKI, M.; SAITO, K. LC/PDA/ESI-MS Profiling and Radical Scavenging Activity of Anthocyanins in Various Berries. **Journal of Biomedicine Biotechnology**, v.5, p.241-247, 2004.

NASCIMENTO, E. F.; MORETTI, C.L.; ZUCHETTO, M. C.; MATTOS, L. M. Avaliação da temperatura de comercialização de hortaliças minimamente processadas no mercado varejista do Distrito Federal. In: Congresso brasileiro de Olericultura, Recife, 2003. Anais... Recife, 2003.

NASSUR, R. C. M. R.; LIMA, R. A. Z.; LIMA, L. C. O.; CHALFUN, N. N. J. Doses de radiação gama na conservação da qualidade de morangos. **Comunicata Scientiae**, v.7 n.1, p.38-48, 2016.

NGUYEN, T.V.; TANIHARA, F.; DO, L.T.K.; SATO, Y.; TANIGUCHI, M.; TAKAGI, M.; VAN NGUYEN, T.; OTOI, T. Chlorogenic acid supplementation during in vitro maturation improves maturation, fertilization and developmental competence of porcine oocytes. **Reproduction in Domestic Animals**, v. 52, n.6, p.969-975, 2017.

NIEMETZ, R.; GROSS, G.G. Enzymology of gallotannin and ellagitannin biosynthesis. **Phytochemistry**, v.66, n.17, p.2001-2011, 2005.

NUNES, S. P. **Irradiação gama e UV-C na Qualidade pós-colheita de mirtilo**. 2015. 94 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, 2015.

OLIVEIRA, D.M.; BASTOS, D.H.M. Biodisponibilidade de ácidos fenólicos. **Química Nova**, v.34, n. 6, p.1051-1056, 2011.

OLIVEIRA, J.; CASTELUCCI, A. C. L.; DA SILVA, P.P.M.; SILVA, G.M; SPOTO, M. H.F. Polpa de camu-camu (*Myrciaria dubia*) submetida à radiação gama. **Acta Agronômica**, v. 62, n. 1, p.7-12, 2013a.

OLIVEIRA, M. *et al.* Evaluation of potential of gamma radiation as a conservation treatment for blackberry fruits. **Journal of Berry Research**, v.3, p. 93-102, 2013b.

OLIVEIRA, R.P.; NINO, A.F.P.; SCIVITTARO, W.B. Mudanças certificadas do morangueiro: maior produção e qualidade da fruta. **A Lavoura**, v.108, n.655, p.35- 38, 2005.

OLIVEIRA, S.M.A. *et al.* **Patologia pós-colheita:** frutas, olerícolas e ornamentais tropicais. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 855p.

OLSSON, M.E.; ANDERSSON, S.C.; BERGLUND, R.H.; GUSTAVSSON, K.E. Extracts from organically and conventionally cultivated strawberries inhibit cancer cell proliferation in vitro, **Acta Horticulturae**, v.1, p. 189-194, 2007.

ORNELLAS, C.B.D.; GONÇALVES, M.P.J.; SILVA, P.R.; MARTINS, R. T. Atitude do consumidor frente à irradiação de alimentos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.26, n.1, p.211-213, 2006.

OSZMIANSKI, J.; WOJDYLO, A. Comparative Study of Phenolic Content and Antioxidant Activity of Strawberry Puree, Clear, and Cloudy Juices. **European Food Research Technology**, v.228, p.623-631, 2009.

PEREDA, J.A. O. Utilização de radiações eletromagnéticas na indústria alimentícia. Irradiação de alimentos. In: **Tecnologia de alimentos:** componentes dos alimentos e processos. Porto Alegre: Artmed, 2005. cap.9, p.142-154, 2005.

PEREZ, I. M. N. **Efeito da cobertura de fécula de mandioca sobre o morango, armazenado sob temperatura de refrigeração.** 2015. 136 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 2015.

PICCHI, V.; MIGLIORI, C.; LO SCALZO, R.; CAMPANELLI, G.; FERRARI, V.; DI CESARE, L.F. Phytochemical content in organic and conventionally grown Italian cauliflower. **Food Chemistry**, v. 130, p.501-509, 2012.

PIMENTEL, R.M.A.; SPOTO, M.H.F.; WALDER, J.M.M. Irradiação gama permite aplicações em produtos embalados. **Visão Agrícola**, n.7, p.53-55, 2007.

PINELI, L.L.O. **Qualidade e potencial antioxidante *in vitro* de morangos *in natura* e submetidos a processamentos**. 2009. 222 f. Tese (Doutorado em Ciências da Saúde) –Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

PINTO, M.S. **Compostos bioativos de cultivares brasileiras de morango (*Fragaria x ananassa* Duch): caracterização e estudo da biodisponibilidade dos derivados de ácido elágico**. 2008. 138 f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

PRASANNA, V.; PRABHA, T.N.; THARANTHAN, R.N. Fruit ripening phenomena - An overview. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.47, n.1, p. 1-19, 2007.

PROTEGGENTE, A.R. *et al.* The antioxidant activity of regularly consumed fruit and vegetables reflects their phenolic and vitamin C composition. **Free Radical Research**, v.36, n.2, p. 217-233, 2002.

RAMOS, E.M.; GOMIDE, L.A.M. **Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias**. Universidade Federal de Viçosa, 2007. 599 p.

ROCHA, D. A.; ABREU, C. M. P.; CORREA, A. D.; SANTOS, C. D.; FONCESA, E. W. N. Análise Comparativa de Nutrientes Funcionais em Morangos de Diferentes Cultivares da Região de Lavras-MG. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 4, p. 1124-1128, 2008.

RODRIGUES JUNIOR, A. A. **Irradiadores industriais e sua radioproteção**. 1. ed. Paraná: Maringá, Edição do Autor, 2014. 288 p.

RODRIGUES, F.T.; FANARO, G.B.; DUARTE, R.C.; KOIKE, A.C.; VILLAVICENCIO, A.L.C. H. A sensory evaluation of irradiated cookies made from flaxseed meal. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 81, p. 1157-1159, 2012.

RODRIGUES, M.I.; IEMMA, A. F. **Planejamento de experimentos e otimização de processos**. 2 ed. Campinas, SP: Casa do Espírito Amigo Fraternidade Fé e Amor, 2009. 48-81p.

RStudio Team (2015). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc., Boston, MA URL <www.rstudio.com/>.

RUBERTO, G.; RENDA, A.; DAQUINO, C.; AMICO, V.; SPATAFORA, C.; TRINGALI, C.; DE TOMMASI, N. Polyphenol constituents and antioxidant activity of grape pomace extracts from five sicilian red grape cultivars. **Food Chemistry**, v.100, p.203-210, 2007.

SANCHES, A. G.; SILVA, M. B.; MOREIRA, E. G. S.; COSTA, J. M.; CORDEIRO, A. M. Efeitos de diferentes fontes de radiação na fisiologia e vida útil pós-colheita de camu-camu. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 3, p.1-8, 2017.

SANTILLO, A. G. **Efeitos da radiação ionizante nas propriedades nutricionais das uvas de mesa benitaka e uvas passas escuras**. 2011. 196 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto de Pesquisa Energética e Nucleares, Autarquia Associada à Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

SANTOS, A. M. A cultura do Morango. EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisas de Fruteiras de Clima Temperado - Fruteiras. **Coleção Plantar**, n. 7, p.35, 1993.

SANTOS, R.J. **Efeitos do armazenamento de polpas de frutas congeladas sobre os teores de flavonoides, vitamina C e atividade antioxidante**. 2005. 71 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

SCOLFORO, C.Z. **Caracterização físico-química, perfil sensorial e aceitação de morangos submetidos à irradiação**. 2014. 137 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, Espírito Santo, 2014.

SEERAM, N.P.; ADAMS, L.S.; ZHANG, Y. Blackberry, black raspberry, blueberry, cranberry red raspberry, and strawberry extracts inhibit growth and simulate apoptosis of human cancer cells en vitro. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.54, p.9329-9339, 2006.

SERAPIAN, T.; PRAKASH, A. Comparative evaluation of the effect of methyl bromide fumigation and phytosanitary irradiation on the quality of fresh strawberries. **Scientia Horticulturae**, v.201, p.109-117, 2016.

SEVERO, J.; TIECHER, A.; CHAVES F.C.; SILVA, J.A.; ROMBALDI, C.V. Gene transcript accumulation associated with physiological and chemical changes during developmental stages of strawberry cv. Camarosa. **Food Chemistry**, v.126, n.3, p. 995-1000, 2011.

SHAHBAZ, H.M.; AHN, J.; AKRAM, K.; KIM, H.; PARK, E.; KWON, J. Chemical and sensory quality of fresh pomegranate fruits exposed to gamma radiation as quarantine treatment. **Food Chemistry**, v.145, p.312-318, 2014.

SHIMAKURA, S. E.; RIBEIRO JUNIOR, P. J. Estatística.2005. Disponível em: <<http://leg.ufpr.br/~paulojus/CE003/ce003/>>. Acesso em: 23 nov. 2017.

SILVA, A.L.F.; ROZA, C.R. Uso da irradiação em alimentos: revisão. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v.28, p.49-56, 2010.

SILVA, C. R.; KOBLITZ, M. G. B. Partial characterization and inactivation of peroxidases and polyphenol-oxidase of umbucajá. (*Spondias* spp). **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 3, p. 790-796, 2010.

SILVA, J.A. **Tópicos da tecnologia de alimentos**. São Paulo: Varela, 2000. 227p.

SILVA, J.M.; CORREIA, L.C.S.A.; MOURA, N.P.; SALGADO, P.L.; MACIEL, M.I.S.; VILLAR, H.P. Sensorial analysis of strawberry submitted to the technology of ionizing radiation. **Acta Horticulturae**, v. 842, p.863-866, 2009.

SILVA, M. L. C.; COSTA, R. S.; SANTANA, A. S.; KOBLITZ, M. G. B. Compostos fenólicos, carotenóides e atividade antioxidante em produtos vegetais. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 3, p. 669-682, 2010.

SILVA, P.A. **Manutenção da qualidade de morangos submetidos ao 1-MCP e armazenados em temperatura ambiente e refrigerada**. 2010. 137 f. Tese (Doutorado Agroquímica/Agrobioquímica) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2010.

SILVA, P.A. **Qualidade de morangos cultivados na região de Lavras-MG, armazenados em temperatura ambiente.** 2006. 71 f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) –Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

SILVA, P.P.M. **Conservação de polpa de juçara (*Euterpe edulis*) submetida à radiação gama, pasteurização, liofilização e atomização.** 2013. 259 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

SILVA, S. M.S.; MURA J.D.P. **Tratado de alimentação, nutrição e dietoterapia.** São Paulo: Roca, p.77-112, 2007.

SINGLETON, V.L.; ROSSI, J. A. Jr. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.16, n.3, p.144-158, 1965.

SONG, H.; BYUN, M.; JO, C.; LEE, C.; KIM, K.; KIM, D. Effects of gamma irradiation on the microbiological, nutritional, and sensory properties of fresh vegetable juice. **Food Control**, v.18, p.5-10, 2007.

SORIANI, R.R. **Irradiação de drogas vegetais: aspectos microbiológicos e químicos.** 2004. 126 f. Dissertação (Mestrado em Fármaco e Medicamentos) - Universidade federal de São Paulo, São Paulo, 2004.

SOUZA, V.R. **Compostos bioativos e o processamento de pequenas frutas vermelhas cultivadas em clima subtropical.** 2013, 195 f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) –Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2013.

SOUZA, M.C.; TEIXEIRA, L.J.Q.; ROCHA, C.T.; FERREIRA, G.A.M.; FILHO, T.L. Emprego do frio na conservação de alimentos. **Enciclopédia Biosfera**, v.9, n.16; p. 1027-1046, 2013.

STEFANOVA, R.; VASILEV, N. V.; SPASSOV, S. L. Irradiation of food, current legislation framework, and detection of irradiated foods. **Food Analytical Methods**, v.3, p. 225, 2010.

STOCKHAUSEN, H.; DE OLIVEIRA, B.F.; DOS SANTOS, K.V.T.; MARTINS, R.; DOS SANTOS, M.F.S.; FAGHERAZZI, A.F.; ZANIN, D.S.; RUFATO, L. Adaptabilidade de genótipos de morangueiro no planalto catarinense. **Revista Uiplac**, v.6, n.1, 2018.

SUN, J.; XIANG, X.; YU, C.; SHI, J.; PENG, H.; YANG, B.; YANG, S.; YANG, E.; JIANG, Y. Variations in contents of browning substrates and activities of some related enzymes during litchi fruit development. **Scientia Horticulturae**, v.120, p.555-559, 2009.

TÉBÉKA, I.R.M.; HALLWASS, F. Radiações Nucleares: Histórico e Aplicação Industrial na Preservação de Alimentos. I Congresso Norte Nordeste de Química. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE 2007.

TEZOTTO-ULIANA, J. V.; BERNO, N. D.; SAJI, F. R. Q.; KLUGE, R. A. K. Gamma radiation: An efficient technology to conserve the quality of fresh raspberries. **Scientia Horticulturae**, v.164, p.348-352, 2013.

TEZOTTO-ULIANA, J.V.; SILVA, P. P. M.; KLUGE, R.A.; SPOTO, M.H.F. Radiação Gama em Produtos de Origem Vegetal. **Revista Virtual de Química**, v. 7 n. 1, p.267-277, 2015.

TOMÁS-BARBERÁN, F.A.; CLIFFORD, M.N. Dietary hydroxybenzoic acid derivatives- nature, occurrence and dietary burden. **Journal of the Science of Food Agriculture**, v. 80, p.1024-1032, 2000.

TORRES, U.C.; GUZMÁN, J.L.; MOORE-CARRASCO, R.; PALOMO, G.I. Efecto antitrombótico, una característica poco conocida de las frutas y hortalizas. **Revista Chilena de Nutrición**, v.35, p.10-17, 2008.

TREMOCOLDI, M.A.; DAIUTO, E.R.; ALENCAR, S.M.; VIEITES, R.L. Efeito da hidrotermia em abacate 'Hass' sobre a capacidade antioxidante, compostos fenólicos e coloração. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 3, p. 1279-1290, 2014.

United States Department of Agriculture Agricultural Research Service. National Nutrient Database for Standard Reference Release 28. Fruits and fruit juices. Relatório Básico: 09316, Morangos, cru. Disponível em: <ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show?ndbno=09316&fg=9&man=&lfacet=&format=Abridged&count=&max=25&offset=0&sort=c&qlookup=&rptfrm=nl&nutrient1=255&nutrient2=301&nutrient3=268&subset=0&totCount=349&measureby=g>. Acesso em: 4 ago. 2017.

URBAIN, W. M. Radiation chemistry basics. In: **Food irradiation**, Academic Press: Orlando, 1986, cap. 2. v.33, p.719-724, 1986.

VERDE, C.S. *et al.* Effects of gamma radiation on raspberries: Safety and quality issues. **Journal of Toxicology and Environmental Health**, v. 76 n.4-5, p. 291-303, 2013.

VIZZOTO, M. Propriedades funcionais das pequenas frutas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.33 n .268, p.84-88, 2012.

WANG, C.; MENG, X. Effect of ^{60}Co γ -irradiation on storage quality and cell wall ultra-structure of blueberry fruit during cold storage. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v.38, p. 91–97, 2016.

WHO. High-dose irradiation: Wholesomeness of food irradiated with doses above 10 kGy. Report of a joint FAO/IAEA/WHO Study group, WHO technical Report series 890. Geneva: World Health Organization, 1999.

YOU, B.R.; MOON, H.J.; HAN, Y.H.; PARK, W.H. Gallic acid inhibits the growth of HeLa cervical cancer cells via apoptosis and/or necrosis. **Food and Chemical Toxicology**, v.48, n.5, p.1334-1340, 2010.

YOU, Q.; WANG, B.; CHEN, F.; HUANG, Z.; WANG, X.; LUO, P.G. Comparison of anthocyanins and phenolics in organically and conventionally grown blueberries in selected cultivars. **Food Chemistry**, v.125, n.1, p.201-208, 2011.

YOUSSEF, B. M.; ASKER, A.A.; EL-SAMAHY, S.K.; SWAILAM, H.M. Combined effect of steaming and gamma irradiation on the quality of mango pulp stored at refrigerated temperature. **Food Research International**, v.35, n.1, p. 1-13, 2002.

ZABETAKIS, I.; LECLERC, D.; KAJDA, P. The effect of high hydrostatic pressure on the strawberry anthocyanins. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v.48, p.2749–2754, 2000.

ZAFRA-STONE, S.; YASMIN, T.; BAGCHI, M.; CHATTERJEE, A.; VINSON, J.A.; BAGCHI, D. Berry anthocyanins as novel antioxidants in human health and disease prevention, **Molecular Nutrition & Food Research**, v.51, n. 6, p. 675-683, 2007.

ZHANG, L.; ZHAOXIN, L.; FENGXIA, L.; XIAOMEI, B. Effect of gamma irradiation on quality maintaining of fresh-cut lettuce. **Food Control**, v.17, p. 225-228, 2006.