

UFRRJ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA
E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

DISSERTAÇÃO

**AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DA RADIAÇÃO GAMA E DA
PASTEURIZAÇÃO NA CONSERVAÇÃO DA POLPA DE AMORA**

MICHELE PAULA DA SILVA

2013



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DA RADIAÇÃO GAMA E DA
PASTEURIZAÇÃO NA CONSERVAÇÃO DA POLPA DE AMORA**

MICHELE PAULA DA SILVA

Sob Orientação do Pesquisador
Dr. MURILLO FREIRE JUNIOR

e Co-orientação da Pesquisadora
Dr^a LOURDES MARIA CORRÊA CABRAL

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de alimentos, Área de concentração em Tecnologia de Alimentos.

Seropédica, RJ
Abril de 2013

664.80438

Silva, Michele Paula da, 1983-

S586a

T

Avaliação dos efeitos da radiação gama e da pasteurização na conservação da polpa de amora / Michele Paula da Silva. - 2013.

72 f.: il.

Orientador: Murillo Freire Junior.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2013.

Bibliografia: f. 47-57.

1. Amora - Processamento - Teses. 2. Amora - Conservação por radiação - Teses. 3. Amora - Efeito da radiação - Teses. 4. Alimentos - Pasteurização - Teses. 5. Polpa de frutas - Análise - Teses. 6. Antioxidantes - Teses. 7. Tecnologia de alimentos - Teses. I. Freire Júnior, Murillo, 1954-. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

MICHELE PAULA DA SILVA

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de alimentos, área de Concentração em Tecnologia de Alimentos.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 09 / 04 / 2013

Dr. MURILLO FREIRE JUNIOR
Embrapa Agroindústria de Alimentos
(Orientador)

Dr^a. Flavia dos Santos Gomes
Embrapa Agroindústria de Alimentos

Prof. Dr. André Von Randow de Assis
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

DEDICATÓRIAS

Dedico este trabalho aos meus pais, Evandro da Silva e Juraci Paula da Conceição por todo apoio, incentivo dado ao longo desta caminhada, por acreditarem no meu sonho e ter dividido os momentos de sacrifícios e alegria durante a realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me conceder a vida e a benção de chegar tão longe, pois sem Ele, nada seria possível.

A Capes pela concessão da bolsa.

A Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, ao Departamento de Tecnologia de Alimentos e à Embrapa Agroindústria de Alimentos pela oportunidade na realização deste trabalho.

Aos professores do curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos da UFRRJ, pelo ensinamento.

Ao meu orientador Dr. Murillo Freire Junior pelo apoio, ensinamentos e atenção.

À Dr^a Lourdes Cabral, minha co-orientadora, por me acolher na Embrapa, pela atenção, ensinamentos, amizade e carinho com que sempre me tratou.

Ao Dr. Luiz Carlos Duarte Ladeira, Dr. Marcio Tadeu Pereira e o operador Antônio de Jesus Temoteo do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN), pela colaboração e por se colocar a minha disposição no uso do irradiador gama de Cobalto 60 para irradiar as amostras.

À equipe do Laboratório de Microbiologia.

Aos colegas de pesquisa e estagiários da planta II da Embrapa/CTAA, Bianca, Natalia, Bebel, Renata, Ana Paula, Rodrigo, Pingo, Mônica, Perê, Marlon, Luiza, Diego, Larissa, Isabelle pela troca de experiências e organização no laboratório, e, em especial a Juliana pelo auxílio com as análises, amizade, pelos momentos de descontração e pelo auxílio com as vidrarias;

Aos funcionários da planta II da Embrapa, em especial Filé, Luis Fernando, Willian e Flávia pelo auxílio durante a realização dos experimentos;

Aos meus pais pela educação recebida, dedicação, carinho, apoio em todos os momentos dessa e de outras caminhadas.

Aos meus amados irmãos, José Márcio, Janete e Mauro Fernando, que mesmo longe fisicamente sempre se fazem presentes em minha vida.

Aos meus tios e tias, Maria, Diva, Odineia, Iraci, Leila, Barbosa, Benedito, Mauro pelos inúmeros ensinamentos de vida e também por todo apoio durante toda essa trajetória.

Ao meu noivo Renato pelo incentivo, amor e companheirismo durante toda esta etapa.

Aos meus amigos e colegas do mestrado, em especial a Nídia, Simone, Renata, Bebel, Dilson e Ciro por compartilhar tanto os momentos de desespero, como os de alegrias e sucessos ao longo do curso.

A todos com quem tive o prazer de conviver e que certamente contribuíram para este momento.

*“Se você não quer ser esquecido quando morrer,
escreva coisas que vale a pena ler ou
faça coisas que vale a pena escrever.”
Benjamin Franklin (1706-1790)*

BIOGRAFIA

MICHELE PAULA DA SILVA, filha de Evandro da Silva e Juraci da Conceição Paula, nasceu 19 de Outubro de 1983, no município de Barra Mansa/RJ. Na cidade de Porto Real/RJ cursou o ensino básico na Escola Municipal Jardim Real e o ensino fundamental no Colégio Estadual República Italiana. Cursou o ensino médio no Colégio Técnico Federal de Pinheiral - UFF (Colégio Agrícola Nilo Peçanha), onde no ano de 2002 formou-se em técnica em Agropecuária. Foi admitida no vestibular da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) no ano de 2002, onde obteve o título de Engenheira Agrônoma em Abril de 2008. Neste mesmo ano egresso no curso de Licenciatura em Ciências Agrícolas. Com estudante de graduação desenvolveu paralelamente a atividade de implantação de horta caseira e escolar com bolsista de apoio técnico do setor de Alimentação e Nutrição do Centro de Atenção Integral à Criança e ao Adolescente – UFRJ. No ano de 2011, graduou-se em Licenciatura em Ciências Agrícolas na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Neste mesmo ano iniciou o curso de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos como Bolsista da CAPES.

RESUMO

SILVA, MICHELE PAULA. **Avaliação dos efeitos da radiação gama e da pasteurização na conservação da polpa de amora** 2013. 72 p Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2013.

A amora-preta (*Rubus* spp.) possui uma coloração variando do vermelho púrpuro ao azul, devido ao elevado teor de antocianinas. Esse pigmento juntamente com os carotenóides compõe os pigmentos naturais presente neste fruto. Diversos estudos têm correlacionado o aumento do consumo desses compostos bioativos, como a proteção e/ou inibição de doenças degenerativas. Apesar disso, o grande entrave para consumo e a comercialização dos frutos da amoreira é sua perecibilidade devido a sua elevada taxa respiratória, o que reduz a sua vida útil. O processamento da fruta na forma de polpa proporciona um aumento na vida de prateleira da mesma ampliando a sua possibilidade de sua utilização como ingrediente em iogurte, doces, sorvetes, sucos etc. O objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos da radiação gama e da pasteurização na qualidade físico-química, química e microbiológica da polpa de amora, armazenada por até 60 dias sob refrigeração. A temperatura utilizada para processo térmico foi de 75°C/ 20 segundos. No processo de irradiação, foram utilizados os seguintes tratamentos: 0; 0,75 kGy; 1,5 kGy e 3 kGy. As polpas de amora pasteurizadas e irradiadas foram armazenadas a temperatura de 4°C, sendo avaliadas nos tempos 0, 7, 15, 30 e 60 dias. Para verificar o efeito dos processamentos na qualidade da polpa foi feita caracterização através das análises da composição centesimal, acidez total, pH, sólidos solúveis, sólidos totais, teor de antocianinas, atividade antioxidante e cor. Também foi feita análise microbiológica de acordo com a legislação brasileira vigente. O tratamento térmico possibilitou a conservação da polpa de amora, pois a polpa apresentou uma boa qualidade microbiológica do início ao fim do armazenamento. A irradiação contribuiu para aumento na vida de prateleira da polpa de até 60 dias e o tratamento utilizando 1,5 kGy foi que proporcionou a melhor qualidade microbiológica. Pode-se concluir que as alterações químicas observadas durante tempo de armazenamento da polpa irradiada analisado não diferiu da polpa pasteurizada.

PALAVRA CHAVES: Atividade antioxidante, tratamento térmico e irradiação.

ABSTRACT

SILVA, MICHELE PAULA. Assessment of the effects of gamma radiation and conservation in pulp pasteurization blackberry. 2013. 72 p Dissertation (Master Science in Food Science and Technology). Instituto de Tecnologia, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2013.

The blackberry (*Rubus* spp.) has a color ranging from purplish red to blue, due to the high content of anthocyanins. This together with the carotenoid pigment comprises natural pigments present in this fruit. Several studies have correlated increased consumption of these bioactive compounds, such as protection and / or inhibition of degenerative diseases. Nevertheless, the major obstacle to consumption and marketing of the fruits of mulberry is their perishability due to their high respiratory rate, which reduces their lifetime. Processing of fruit in pulp form provides an increase in shelf life the same possibility of expanding its use as an ingredient in yogurt, pastries, ice creams, juices etc.. The aim of this study was to evaluate the effects of gamma irradiation and pasteurization in physico-chemical, chemical and microbiological blackberry pulp, stored for 60 days under refrigeration. The temperature used for the heat treatment was 75 ° C / 20 seconds. In the irradiation process, the following treatments were used: 0, 0.75 kGy, 1.5 kGy and 3 kGy. Pulp blackberry pasteurized and irradiated were stored at 4 ° C and evaluated at 0, 7, 15, 30 and 60 days. To determine the effect of processing on the quality of the pulp characterization was made through analysis of the chemical composition, total acidity, pH, soluble solids, total solids, total anthocyanins, antioxidant activity and color. Microbiological analysis was also done according to Brazilian law. The heat treatment led to the retention of blackberry pulp as the pulp had a good microbiological quality from beginning to end storage. Irradiation contributed to increased shelf life of 60 days pulp and treatment using 1.5 kGy was that provided the best microbiological quality. It can be concluded that chemical changes observed during the storage time of the pulp did not differ irradiated analyzed pulp pasteurized.

KEY WORDS: Antioxidant activity, heat treatment and irradiation.

LISTAS DE ABREVIACOES E SIGLAS

ANVISA	Agência Nacional De Vigilância Sanitária
CDTN	Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear
CNEM	Comissão Nacional De Energia Nuclear
DNA	cido Desoxirribonuclico
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuria
EUA	Estados Unidos da America
FAO	Food And Agriculture Organization
HTST	(high temperature, short time) pasteurizao rápida
IAEA	Agência Internacional de Energia Atomica (International Atomic Energy Agency)
LHT	(low temperature holding) pasteurizao lenta
MS	Ministério da Saúde
MNP	Numero Mais Provável
OMS	Organizao Mundial de Saúde
RDC	Resoluo da Diretoria Colegiada
UFC/g	Unidades Formadoras de Colnias por Grama
WHO	Organizao Mundial da Saúde (World Health Organization)
DTA	Doenças transmitidas por alimentos

LISTAS DE SÍMBOLOS

^{60}Co	Radioisótopo Cobalto-60
kGy	Kilogray
cm	Centímetro
n°	Número
^{137}Cs	Radioisótopo Césio-137
Gy	Gray
°C	Graus centígrados
pH	Potencial hidrogeniônico
%	Percentual
g	grama
s	segundo
h	hora
mL	mililitros
nm	Nanômetro
kg	Quilograma
L*,a*,b*	São as três dimensões utilizadas no sistema Hunter para mesurar a cor
g/L	grama por litro

SUMÁRIO

1-INTRODUÇÃO	1
2- JUSTIFICATIVA.....	3
3-OBJETIVOS	4
OBJETIVO GERAL.....	4
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
4-REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
4.1- AMORA	5
4.1.1- <i>Produção no Brasil</i>	6
4.1.2 - COMPOSTOS FENÓLICOS	7
4.1.2.1- <i>Flavonóides</i>	7
4.1.2.2 - <i>Antocianinas</i>	9
4.1.3 – FUNDAMENTO DO MÉTODO DE ANÁLISE DE QUANTIFICAÇÃO DE ANTOCIANINAS	10
4.1.4- AÇÃO ANTIOXIDANTE	10
4.1.5 - <i>Os benefícios à saúde do consumo da amora-preta</i>	11
4.2- POLPAS DE FRUTA.....	11
4.3 - DOENÇAS TRANSMITIDAS POR ALIMENTOS.....	12
4.4 – MÉTODOS DE CONSERVAÇÃO	13
4.4.1- <i>Pasteurização</i>	13
4.4.2- <i>Desvantagem do Processo e Métodos Alternativos</i>	14
4.4.3- <i>Irradiação</i>	15
4.5 - <i>Legislação e o uso da Irradiação</i>	19
4.6 - FONTES UTILIZADAS NA IRRADIAÇÃO E DOSAGEM.....	20
4.7 – EFEITOS QUÍMICOS E BIOLÓGICOS DA IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS 21	
4.7.1 - <i>Uso da irradiação em frutas</i>	21
5-MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
5.1- MATÉRIA-PRIMA	25
5.2- PROCESSAMENTO E OBTENÇÃO DA POLPA DE AMORA-PRETA.....	25
5.3- PROCESSO DE IRRADIAÇÃO	25
5.4- TRATAMENTO TÉRMICO	27
5.5- MÉTODOS ANALÍTICOS	27
5.6- ANÁLISE ESTATÍSTICA	31
6- RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
6.1- RENDIMENTO DO PROCESSO DE DESPOLPAMENTO	32
6.2- COMPOSIÇÃO CENTESIMAL.....	32
6.3- ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS	34
6.4 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA POLPA DE AMORA IRRADIADA	37
6.5- CARACTERIZAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS DA POLPA DE AMORA PASTEURIZADA	40
6.6 – ANÁLISES DE COR	43
7- CONCLUSÃO	46

8- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
9- SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	58

1-INTRODUÇÃO

O Brasil, por dispor de uma extensa área territorial, apresenta condições climáticas favoráveis para o cultivo de frutas de clima temperado e tropical. Dessa forma, o nosso país está entre os três maiores produtores mundiais de frutas, produzindo 40 milhões de toneladas ao ano, porém participa com apenas 2% do comércio global do setor (CARVALHO, 2010).

De acordo com Fachinello *et al.* (2011), a área plantada com frutas no país é de aproximadamente 1,9 milhões de hectares. As frutas que mais contribuem no volume total da produção brasileira são as frutas tropicais, que somam aproximadamente 30 milhões de toneladas. Porém, a produção de frutas de clima temperado é responsável por aproximadamente 37% do valor total das exportações de frutas. Esses valores demonstram a grande importância da fruticultura de clima temperado. Com isso tem se verificado um aumento na área cultivada e um aumento na produção de frutas de clima temperado no Brasil.

Dentre as várias opções de frutas surge a amora (*Rubus spp.*) com boas perspectivas de cultivo e comercialização. Essa fruta vem despertando a atenção dos consumidores e dos produtores por apresentar em sua composição elevado teor de compostos bioativos. Há na literatura relatos que esses compostos apresentam propriedades benéficas, tais como, a redução do risco de câncer e de doenças cardiovasculares (BOWEN-FORBES, ZHANG e NAIR, 2010).

Entretanto, a produção de amora apresenta uma grande limitação quanto ao atendimento ao mercado de fruta fresca, devido a sua fragilidade e reduzida vida útil (ANTUNES, GONÇALVES e TREVISAN, 2006), o que restringe o seu consumo. De acordo com Jacques *et al.* (2010), o processamento da amora na forma de polpa apresenta-se com uma alternativa para esta cultura, disponibilizando para o consumidor um produto pronto para consumo e a ser utilizado sob diferentes formas, tais como: doces, geléias, sucos integrais ou mistos.

As frutas *in natura* apresentam uma elevada população de microrganismo, por isso a necessidade da mesma passar por algum processamento, pois dessa forma irá inativar esse microrganismo eliminando a chance ocasionar surtos nos consumidores. A principal exigência de que um processo deve assegurar a segurança microbiana do produto, preservando as características sensoriais e nutricionais para a obtenção de produtos semelhante à matéria-prima (SONG *et al.*, 2007).

A indústria vem buscando processos que sejam menos agressivos à matéria-prima inicial e que permitam a preservação das características sensoriais e nutricionais após o processamento, como exemplo, a substituição da pasteurização por uma tecnologia que além de manter a qualidade do produto garanta também a segurança do alimento processado (MULDER, 1991).

A irradiação gama é método de conservação a frio, que proporciona uma durabilidade muitas vezes maior do que a pasteurização e não influencia na composição do alimento (FARKAS, 2006). Segundo a Food Agriculture Organization (FAO), Organização Mundial de Saúde (OMS) e a Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA), a irradiação de alimentos até a dosagem de 10 kGy é seguro, não resulta em danos toxicológicos, não oferece riscos a saúde do consumidor e elimina microrganismos prejudiciais ao homem (FARKAS e MOHÁCSI-FARKAS, 2011).

Neste contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos da radiação gama e da pasteurização na qualidade físico-química, química e microbiológica da polpa de amora, armazenada por até 60 dias sob refrigeração.

2- JUSTIFICATIVA

A amora é fruta rica em compostos bioativos que, segundo relatos recentes da literatura, podem apresentar efeitos benéficos à saúde humana, atuando na diminuição dos riscos de doenças crônicas.

Embora amora possa ser destinada tanto para consumo *in natura* quanto ao processo industrial, o consumo dessa fruta no Brasil ainda é restrito, provavelmente em função da pequena oferta no mercado devido à pequena área de cultivo associada à fragilidade, perecibilidade e consequentemente o curto período de vida pós-colheita, o que limita a comercialização.

O processamento na forma de polpa apresenta-se como uma alternativa para aumentar seu consumo, disponibilizando para o consumidor um produto pronto para uso e com maior vida útil.

A utilização da irradiação no processo de conservação tem sido apontada como uma alternativa ao tratamento térmico, pois possibilita que os produtos sejam tratados à temperatura ambiente e na sua própria embalagem, evitando excessivo manuseio e recontaminações microbiológicas após o seu tratamento.

3-OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

Avaliar a qualidade físico-química, química, microbiológica da polpa de amora submetida à radiação gama.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir a melhor dose de irradiação gama no processamento da polpa de amora visando a sua preservação e a manutenção da sua qualidade;
- Avaliar a qualidade da polpa de amora processada por irradiação gama, com ênfase na quantidade de compostos fenólicos, antocianinas e na atividade antioxidante;
- Avaliar a qualidade microbiológica da polpa de amora tratada por irradiação gama;
- Comparar a qualidade da polpa de amora irradiada com a polpa de amora pasteurizada durante o armazenamento por 60 dias a 4°C.

4-REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1- Amora

A amora-preta (*Rubus spp.*) pertence à família Rosaceae, do gênero *Rubus* e subgênero *Eubatus*, formando um grupo diverso e bastante difundido, no qual se estima que devam existir entre 400 a 500 espécies. Essas frutas são conhecidas como berries, cujo termo vem sendo usado comumente para descrever qualquer fruta pequena, de sabor adocicado e formato arredondado, incluindo framboesas e amoras pretas cultivadas na América, Europa, África e Ásia (FERREIRA, ROSSO e MERCADANTE, 2010).

A origem da amoreira-preta não é muito definida (Europa, América do Norte e América do Sul), pois muitas são nativas do hemisfério norte, mas algumas ocorrem em regiões tropicais montanhosas no hemisfério sul, apresentando uma adaptação climática muito variada (MOORE, 1984; POLING, 1996; ANTUNES, 2002).

Apresenta um porte ereto ou rasteiro (FACHINELLO *et al.*, 1994). Os frutos da amoreira são agregados (Figura 1), pesando de 4 a 7 gramas e possuem coloração negra com o sabor ácido a doce-ácido. O fruto verdadeiro da amora é denominado de mini drupa ou drupete, na qual possui uma pequena semente sendo que a sua junção forma o chamado de fruto agregado (JACQUES e ZAMBIAZI, 2011).



Figura 1- Frutos da amoreira-preta (*Rubus spp.*)

Fonte: (HAMINIUK, 2007).

Essa fruta possui uma grande aceitação pelos produtores devido ao baixo custo de implantação e facilidade no manejo. A amoreira é uma planta rústica, de clima temperado, cujo cultivo vem crescendo em diversas regiões do Brasil. Além do Rio Grande do Sul, há plantio de amora em Minas Gerais, na região de Jundiaí em São Paulo, Paraná e em Santa Catarina (ANTUNES *et al.*, 2006).

4.1.1- Produção no Brasil

As amoreiras foram provavelmente introduzidas na Europa por volta do século XVII. No Brasil, a cultura foi implantada na década de 70 pela equipe da Estação Experimental de Pelotas, atual Embrapa Clima Temperado. Esta cultura apresentou boa adaptação e tem alcançado alta produtividade devido às condições climáticas desta região (ANTUNES, 2002; ANTUNES e RASEIRA, 2004; NACHTIGALL *et al.*, 2004).

De acordo com Vizzoto *et al.* (2012), o programa de melhoramento amoreira-preta feito pela Embrapa de Clima Temperado foi responsável pelo lançamento de diversas cultivares com a ‘Ébano’, a ‘Negrita’, a ‘Guarani’, a ‘Caingangue’, a ‘Xavante’, porém nenhuma tão conhecida quanto a ‘Tupy’. Essa cultivar foi lançada em 1988 e é uma das mais plantadas no Brasil e em outros países como o México. Os programas de melhoramento de amoreira-preta têm, tradicionalmente, como objetivos a produtividade, a aparência (tamanho, cor e brilho), a firmeza e o sabor. Porém, nos últimos anos, outras características têm sido levadas em consideração tais como: os teores de compostos bioativos e a capacidade antioxidante das frutas, pois vários estudos mostram que o consumo de frutas e hortaliças ricas em compostos bioativos pode prevenir vários tipos de doenças crônicas não transmissíveis.

No mundo, a área estimada de produção da amora-preta está em torno de 20.035 hectares, refletindo um aumento de 45% na área de produção desde 1995. Para o ano de 2015, a projeção é de 27.932 hectares, excluída a produção dos tipos silvestres (STRICK *et al.*, 2008). No Brasil, o Estado do Rio Grande do Sul têm apresentado sensível crescimento no cultivo de amora-preta, estima-se que a área cultivada está em torno de 200 hectares (ANTUNES, 2002; ANTUNES *et al.*, 2010; SCHAKER e ANTONIOLLI, 2009). A amora-preta também é cultivada em menor escala nos Estados de Santa Catarina, Paraná e na região serrana de Minas Gerais e São Paulo (PAGOT, 2006). Sob condições adequadas, a produtividade pode alcançar até 10.000 kg/ha/ano (CHAGAS *et al.*, 2007).

Apesar dessa cultura se mostrar uma boa opção de cultivo observa-se que há uma barreira para que o fruto chegue até o consumidor. Devido a sua estrutura frágil e alta taxa respiratória a fruta tem sua vida pós-colheita relativamente curta. Com isso, a oferta da fruta *in natura* fica limitada e o preço fica elevado (ANTUNES, GONÇALVES e TREVISAN, 2006).

De acordo com Jacques e Zambiasi (2011) além do consumo da fruta *in natura* há um grande mercado para produtos de amora-preta gerados a partir do suco clarificado e concentrado, sendo usadas como base para elaborar uma vasta gama de produtos, como caldas para sorvetes, geléias, xaropes, bebidas alcoólicas, refrescos e misturas com sucos de outras frutas.

4.1.2 - Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos são definidos como sendo substâncias que possuem pelo menos um anel aromático e com um ou mais substituintes hidroxílicos, incluindo seus grupos funcionais (SHAHIDI e NACZK, 1995).

Segundo Bravo (1998), a estrutura química dos compostos fenólicos pode ter forma simples ou de polímeros e em alimentos de origem vegetal podem apresentar-se na forma livre ou complexados a açúcares e proteínas.

De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), estima-se que existam no reino vegetal mais de 8000 compostos fenólicos que variam amplamente em complexidade. Esses compostos são originados do metabolismo secundário das plantas, sendo essenciais para o seu crescimento, além disso, se formam em condições de estresse tais como: infecções, ferimentos, radiações UV, dentre outros (NACZK; SHAHIDI, 2004). Os compostos fenólicos são incluídos na categoria de interruptores de radicais livres, sendo muito eficientes na prevenção da autoxidação (SHAHIDI; JANITHA; WANASUNDARA, 1992).

Os compostos fenólicos são divididos em flavonóides e não flavonóides. Os principais flavonóides incluem as antocianinas, flavonas, isoflavonas, flavanóis (catequinas) e as proantocianidinas (CHEYNIER, 2005). Já os principais compostos fenólicos não flavonóides são o resveratrol, ácido elágico e o ácido clorogênico (DEGÁSPARI e WASZCZYNSKYJ, 2004).

Os compostos fenólicos são substâncias responsáveis por características sensoriais tais como adstringência, amargor e aroma, além da estabilidade oxidativa dos produtos derivados de vegetais. Por muito tempo, esses compostos foram associados negativamente à qualidade de alimentos vegetais devido à ação antinutricional, por exemplo, dos taninos, que complexam proteínas, diminuindo o valor nutricional e em alguns casos inibem a atividade de enzimas como tripsina e lipases (SHAHIDI e NACZK, 1995).

Além disso, vários estudos sobre os compostos fenólicos têm demonstrado que o mesmo possui ação bactericida, antiviral, antialérgico, antitrombótico, antiinflamatório, anticarcinogênico, hepatoprotetor e vasodilatador. Dessa forma vem despertando grande interesse principalmente por sua alta prevalência nas dietas já que são compostos onipresentes nos vegetais (CHEYNIER, 2005; NACZK e SHAHIDI, 2004; SOBRATTEE *et al.*, 2005).

4.1.2.1- Flavonóides

Os flavonóides representam um grupo fitoquímico de compostos fenólicos que possuem 15 átomos de carbono (Figura 2). Sua estrutura é simples composta por $C_6-C_3-C_6$, dois anéis aromáticos ligados por três carbonos e um átomo de oxigênio que forma um anel heterocíclico (anel C – presente na Figura 2). O grau de oxidação e o padrão de substituição do anel C servem para classificar os flavonóides. Dentro desta classe o padrão de substituição nos anéis A e B definem cada composto (RHODES, 1996; BRAVO, 1998). Estas substituições podem incluir oxigenação, alquilação, glicosilação, acilação e sulfatação (HOLLMAN e KATAN, 1999).

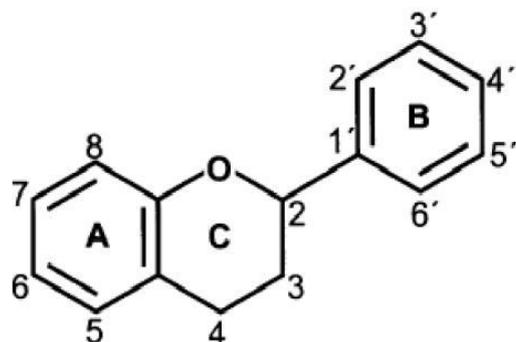


Figura 2-Representação da estrutura básica dos flavonóides e o sistema usado para numeração dos carbonos (BRAVO, 1998).

Segundo Li *et al.* (2009) dependendo da substituição e do nível de oxidação no anel C, os flavonóides podem ser divididos em flavonas, flavanóis, flavonóis, flavanonas, isoflavonas e antocianidinas, e os não flavonóides, que compreendem os grupos dos ácidos fenólicos, lignanas e estilbenos (Figura 3).

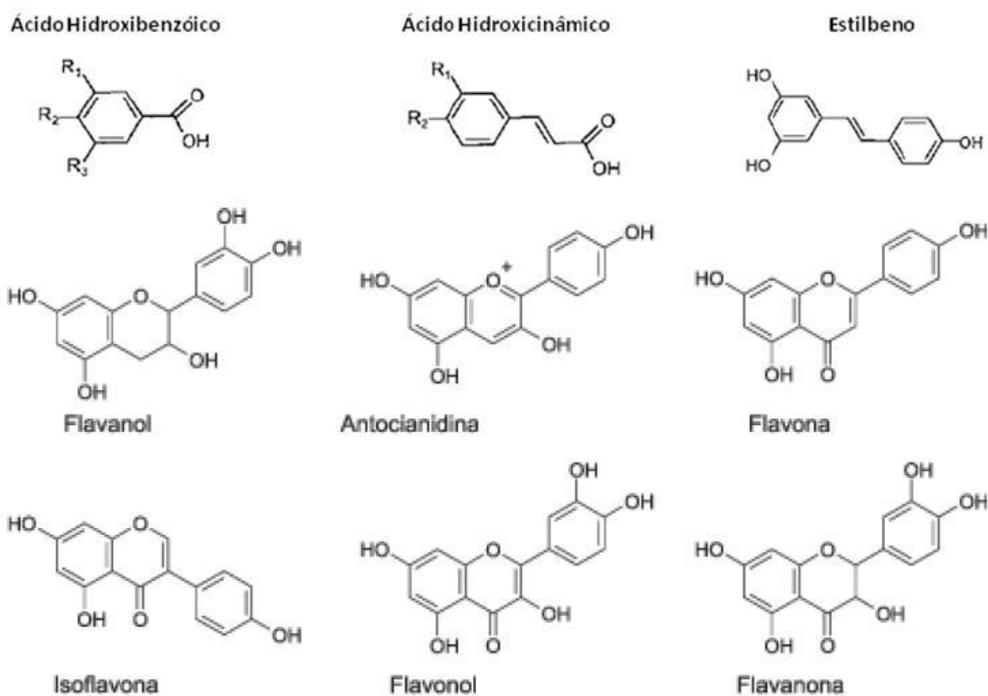


Figura 3- Estruturas básicas de compostos fenólicos não flavonóides e flavonóides (Manach *et al.*, 2005).

4.1.2.2 - Antocianinas

As antocianinas pertencem ao grupo dos compostos fenólicos e são pigmentos responsáveis por dar cor e torna frutas, flores e folhas mais atrativas e brilhantes. Já as antocianidinas são as agliconas dos compostos encontrados na natureza na forma *O*-glicosilada, e assim chamados antocianinas (LEE, RENNAKER e WROLSTAD, 2008).

De acordo com Bobbio (2003), as antocianinas encontradas nos alimentos são pertencentes a três pigmentos básicos: pelargonidinas, cianidina e delphinidinas, todas com hidroxilas nas posições três, cinco e sete.

Há uma variedade enorme de antocianinas espalhadas na natureza e as principais diferenças entre elas são o número de grupos hidroxilados, a natureza e o número de açúcares ligados a sua estrutura, os carboxilatos alifáticos ou aromáticos ligados ao açúcar na molécula e a posição dessas ligações (KONG *et al.*, 2003). Até agora, há relatos de mais de 500 antocianinas diferentes (ANDERSEN e JORDHEIM, 2006) e 23 antocianidinas (ANDERSEN e JORDHEIM, 2006; KONG *et al.*, 2003; REIN, 2005).

De acordo com os relatos científicos as antocianinas apresentam efeitos fisiológicos capazes de reduzir o risco de doenças (LIMA e GUERRA, 2003).

Dentre as antocianinas presentes na amora-preta destacam-se a cianidina-3-*O*-glucosídeo e cianidina-3-*O*-rutinosídeo (Figura 4), como as mais representativas (DAO *et al.*, 1998).

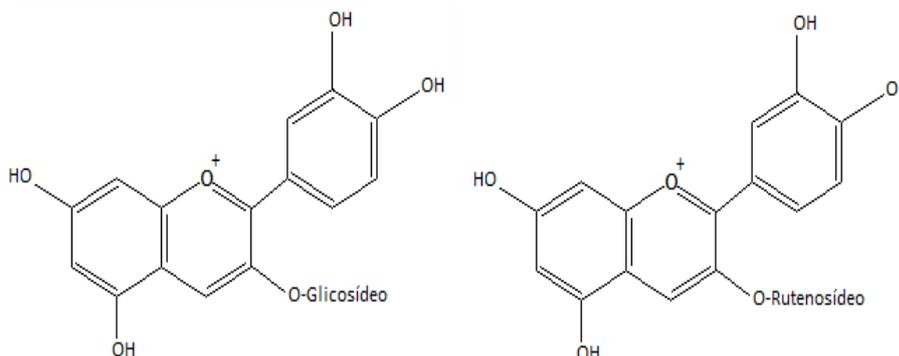


Figura 4- Estrutura química da cianidina-3-*O*-glucosídeo e da cianidina-3-*O*-rutenosídeo

Hassimotto *et al.* (2004) identificaram os compostos fenólicos de cinco cultivares de amora-preta. Em todos os casos, a cianidina foi o pigmento predominante contribuindo com aproximadamente 66-80% do total de antocianinas.

De acordo com Marinova e Ribarova (2007), a antocianina não é o único composto presente na composição da *Rubus spp.*, existem outros compostos bioativos como os carotenóides, porém em quantidades menos expressivas.

4.1.3 – Fundamento do método de análise de quantificação de antocianinas

O método do pH diferencial quantifica as antocianinas totais, essa metodologia contempla o uso da espectroscopia de absorção UV-Visível, validado e tem sido muito utilizada pelas comunidades científica e industrial para a quantificação das antocianinas (LEE *et al.*, 2008). Este método baseia-se na obtenção de espectros das soluções em 2 valores de pH, visto que com a alteração deste parâmetro, são observadas transformações nas estruturas das antocianinas e conseqüentemente na coloração das soluções (JACKMAN *et al.*, 1987).

A absorbância das soluções a 510 nm em pH 1,0 é proporcional à concentração das antocianinas presentes, enquanto a absorbância das soluções neste mesmo comprimento de onda, porém em pH 4,5, equivale aos produtos de degradação das antocianinas. O cátion flavílico, de coloração vermelha, é a forma predominante em pH 1,0 enquanto que o carbinol, incolor, predomina em pH 4,5. As leituras a 700 nm corrigem eventuais espalhamentos de luz causados por partículas em suspensão (CAMPOS, 2006).

4.1.4- Ação antioxidante

A oxidação é indispensável à vida aeróbica e, dessa forma, os radicais livres são produzidos naturalmente. Essas moléculas geradas *in vivo* estão envolvidas na produção de energia, regulação do crescimento celular, sinalização intercelular e síntese de substâncias biológicas importantes (BARREIROS; DAVID; DAVID, 2006). Dessa forma são geradas grandes quantidades de radicais livres, altamente instáveis que vão procurar se estabilizar em biomoléculas, como aquelas presentes nas membranas celulares e até mesmo ácidos nucléicos, podendo desencadear mutações e ocasionado danos que podem contribuir para o envelhecimento e a instalação de doenças degenerativas, como câncer, aterosclerose, artrite reumática, entre outras (SEVERO, 2009).

Os radicais livres em excesso podem ser originados por defeitos na respiração mitocondrial, metabolismo do ácido araquidônico, ativação-inibição de sistemas enzimáticos ou por fatores exógenos, como poluição, hábito de fumar ou ingerir álcool, ou ainda, por uma nutrição inadequada (NÚÑEZ-SELLÉS, 2005). Esse excesso de radicais livres no organismo pode ser combatido por antioxidantes produzidos pelo corpo ou absorvidos através da alimentação, pois o consumo aumenta a resistência aos danos oxidativos, evitando que ocorram as reações em cadeia ou prevenindo a ativação do oxigênio a produtos altamente reativos (DIMITRIUS, 2006; RATNAM *et al.*, 2006).

Hager *et al.* (2008) constatou que a capacidade antioxidante das antocianinas presentes na amora-preta tem habilidade para sequestrar radicais peróxidos e superóxidos. Os testes foram realizados antes e após o processamento térmico da amora cultivar Apache, demonstrando que o branqueamento e a pasteurização do suco não afetaram a capacidade antioxidante, pois o aumento de antocianinas poliméricas compensou o decréscimo de antocianinas monoméricas após o processamento.

Na amora foram encontrados teores de antocianinas de 70 a 201 mg/100 g de peso fresco em 18 diferentes cultivares de amoras-pretas (*Rubus spp.*) dos Estados Unidos, França, Macedônia, Chile e México (FAN-CHIANG e WROLSTAD, 2005). De acordo com Hirsch (2011), as antocianinas apresentam efeitos fisiológicos capazes de reduzir o risco de doenças

coronarianas, devido a redução de coagulação plaquetária e o aumento circulatório da lipoproteína de alta-densidade (HDL).

4.1.5 - Os benefícios à saúde do consumo da amora-preta

A amora-preta apresenta uma boa qualidade nutricional e vem despertando a atenção dos consumidores principalmente devido aos benefícios que proporciona ao organismo humano. Isso acontece devido ao elevado teor de compostos fenólicos e ao poder antioxidante (MOTA, 2006).

Estudos realizados por Wang e Lin (2000) em frutos e folhas de amora-preta cultivada no Centro de Pesquisas de Agricultura de Beltsville, nos Estados Unidos, indicaram que seus frutos maduros constituem fonte rica em antocianinas.

Além dos compostos bioativos, estudos realizados por Antunes (2002) com amostras de amora-preta obtidas em Caldas, Minas Gerais, demonstraram que a fruta fresca é altamente nutritiva sendo rica em minerais (fósforo, potássio, magnésio, ferro, selênio) (TONSUN, USTUN e TEKGULER, 2008), pró-vitamina A, vitamina B e cálcio, além de ser rica em fibras e ácido fólico (ANTUNES, REGINA e DUARTE-FILHO, 2002; MORENO-ALVAREZ *et al.*, 2002).

De acordo com Rice-Evans, Miller e Paganga (1996) os compostos fenólicos presente na amora-preta tem poder antioxidante, ocorrendo devido a sua capacidade de doar hidrogênios ou elétrons aos radicais livres. Essas propriedades benéficas presentes nas amoreiras proporcionam a redução do risco de câncer e de doenças cardiovasculares, pois possuem a capacidade de sequestrar os radicais livres (LIMA e GUERRA, 2003). Devido a esta capacidade, os estudos feitos com os flavonóides têm demonstrado as várias funções biológicas que o mesmo possui, tais como: antialérgico, anti-viral, anti-tumoral e ações antiinflamatórias.

Mazza (2007) pode verificar em seu estudo que as antocianinas possuem diversos efeitos *in vitro* que sugerem benefícios potenciais à saúde em geral e redução de doenças coronarianas, em particular. Outro composto comum na composição da amora-preta é o ácido gálico, um constituinte fenólico que possui funções antimutagênica e anticancerígena, sendo um potente inibidor da indução química do câncer (WANG *et al.*, 1994; MAAS *et al.*, 1991).

4.2- Polpas de fruta

Segundo a Instrução Normativa nº1, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, a polpa de fruta é o produto não fermentado, não concentrado, não diluído, obtido de frutos polposos, através de processo tecnológico adequado. O teor mínimo de sólidos totais é estabelecido para cada polpa de fruta, e as frutas utilizadas devem ser frescas e maduras. A polpa de fruta não deve conter terra, parasitas, fragmentos de insetos e pedaços das partes não comestíveis. As características físicas, químicas e sensoriais não pode ser alteradas pelos equipamentos, utensílios, recipientes e embalagens durante o seu processamento e comercialização.

A comercialização de produtos derivados de frutas tem crescido em todo o mundo, esse aumento se deve principalmente às características sensoriais e as vantagens que o consumo proporciona a saúde (BUENO *et al.*, 2002).

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), por meio da Resolução RDC Nº 12 de 02 de Janeiro de 2001, estabelece padrões microbiológicos para polpas de frutas dispostas para comercialização. Essa Resolução determina que seja analisado coliforme a 45 °C e *Salmonella spp.*, sendo permitido o máximo 10² UFC.g⁻¹ e ausência em 25 g, respectivamente, não apresentando assim, limite para a contagem padrão total e para bolores e leveduras.

4.3 - Doenças transmitidas por alimentos

Embora haja uma determinada dificuldade de determinar com precisão quando iniciou a compreensão do homem em relação à importância dos microrganismos em alimentos, evidências indicam que esse conhecimento foi que ajudou a estabelecer a microbiologia como ciência (JAY, 2005).

Ainda de acordo com Franco e Landgraf (1996), alguns microrganismos quando presente nos alimentos pode representar um risco à saúde. Dessa maneira percebe-se a importância de métodos que possam conservar os alimentos eliminando total ou parcial o desenvolvimento de microrganismos.

As doenças transmitidas por alimentos (DTA) constituem um dos problemas de saúde pública mais frequente do mundo contemporâneo. São causados principalmente por microrganismos, os quais penetram no organismo humano através da ingestão de água e alimentos contaminados (NOTERMANS e HOOGENBOOM-VERDEGAAL 1992, AMSON *et al.*, 2006).

De acordo com os dados do Sistema de Informações Hospitalares (SIH) do Ministério da Saúde, ocorreram mais de 3.400.000 internações por DTA no Brasil, de 1999 a 2004, com uma média de cerca de 570 mil casos por ano (WELKER *et al.*, 2010).

Nos Estados Unidos também foi descrito pela United States Public Health Service, a ocorrência anual de 9000 mortes provenientes de 81 milhões de casos envolvendo doença diarreica, devido à patógenos alimentares como *Salmonella spp* e *Escherichia coli* O157 H7 (PEREIRA, 2009).

A sobrevivência de um patógeno em frutas depende de muitos fatores, entre eles incluem-se as características físico-químicas, como pH e atividade da água (aw), o processamento, pós-colheita e as práticas de manipulação do consumidor (RAGHUBEER *et al.*, 1995; PENTEADO, 2003).

Segundo Pereira (2009), nos últimos 15 anos aumentou significativamente o número de surtos associados ao consumo de frutas e sucos. Em 1991 ocorreu um surto nos EUA em que 23 pessoas foram atingidas através do consumo de suco de maçã não pasteurizada. Aparentemente, a cidra tinha sido produzida com maçãs recolhidas do chão e contaminadas com esterco de bovinos (FENG, 1995; DOGAN-HALKMAN *et al.*, 2003).

Essas doenças transmitidas pela alimentação geram impacto negativo na economia e tem alcançado níveis preocupantes. No Brasil, os custos com os casos envolvendo pessoas internados por DTA, de 1999 a 2004, foram de 280 milhões de reais, com média de 46 milhões de reais por ano (CARMO *et al.*, 2005). Esses números só não são maiores, pois a maioria dos casos de DTA não são notificados, devido ao fato dos sintomas serem brandos. Isso faz com que a vítima não busque auxílio médico (COSTALUNGA e TONDO, 2002; FORSYTHE, 2002).

Os sintomas mais comuns incluem dor de estômago, náusea, vômitos, diarreia e febre. Dependendo do agente etiológico envolvido, porém, o quadro clínico pode ser extremamente sério, com desidratação grave, diarreia sanguinolenta, insuficiência renal aguda e insuficiência respiratória (FORSYTHE, 2002; RODRIGUES *et al.*, 2004; CARMO *et al.*, 2005; MÜRMAN *et al.*, 2008).

Entre as causas mais frequentes de contaminação dos alimentos, destacam-se a manipulação e a conservação inadequadas dos mesmos, além da contaminação cruzada entre produtos crus e processados (COSTALUNGA e TONDO 2002; CARMO *et al.*, 2005, MÜRMAN *et al.*, 2008).

4.4 – Métodos de Conservação

Os métodos convencionais de conservação de alimentos estão baseados na manipulação dos fatores intrínsecos (composição, pH, atividade de água) e extrínsecos (presença ou ausência de oxigênio e temperatura) do alimento. O método de acidificação consiste em baixar o pH (a níveis inferiores a 4,6) para impedir o desenvolvimento de esporos bacterianos patogênicos. Já o procedimento em que se utiliza a secagem e a salga consiste em retirar água do alimento ou promover a redução da água disponível (atividade de água), necessária para desenvolvimento microbiano ou reação de deterioração (ROSENTHAL e DELIZA, 2008).

De acordo com Rosenthal e Deliza (2008), o método em que se utiliza a eliminação de oxigênio visa evitar o desenvolvimento de microrganismos aeróbios. Enquanto que a refrigeração e o congelamento compreendem o abaixamento da temperatura para evitar o desenvolvimento de microrganismos patogênicos ou deteriorantes e enzimas, que costumam se desenvolver a temperatura ambiente. Já a pasteurização e a esterilização térmicas consistem em destruir tais agentes por meio de aplicação de calor.

4.4.1- Pasteurização

A Pasteurização é o tratamento térmico que visa eliminar grande parte dos microrganismos existentes no alimento. A temperatura neste processo não passa dos 100°C, sob pressão atmosférica normal. Como uma parcela dos microrganismos deterioradores sobrevive à pasteurização, geralmente associa-se a pasteurização a um processo complementar de conservação, que pode ser a refrigeração (GAVA, SILVA e FRIAS, 2008).

A pasteurização minimiza possíveis riscos à contaminação com microrganismo patogênico e aumenta a vida de prateleira do produto (FELLOWS, 2006). Em alimentos de baixa acidez é usada para minimizar riscos à saúde, devido à contaminação com microrganismos e em alimentos ácidos é utilizada para aumentar a vida de prateleira, pela destruição de microrganismos deteriorantes e/ou pela inativação enzimática (GAVA, SILVA e FRIAS, 2008).

O tratamento térmico é definido levando em consideração os parâmetros cinéticos de resistência térmica do microrganismo mais resistente, que em geral é o patogênico, e a sensibilidade dos fatores responsáveis pela qualidade do produto. Em função desses dados é que se estabelece o processo de pasteurização (FURTADO, VITALI e ROSENTHAL, 2008).

4.4.2- Desvantagem do Processo e Métodos Alternativos

A escolha da tecnologia a ser adotada para processamento de um alimento irá depender da sua eficiência contra os microrganismos deteriorantes, visando à qualidade e a segurança alimentar e a aceitação pelo consumidor (PEREIRA, 2009).

O tratamento térmico é a tecnologia mais utilizada pela indústria de alimentos devido a sua eficiência em programas de segurança alimentar e garantia da qualidade. No entanto, em determina situação o tratamento térmico pode provocar efeitos indesejáveis tais como desnaturação protéica, escurecimento não enzimático, perda de vitaminas e das características sensoriais (LADO e YOUSEF, 2002; MONTEIRO, 2006).

Em termos nutricionais, certas vitaminas como a C, B1 e B2 são susceptíveis à destruição pelo calor. O calor pode catalisar certas reações que comprometerá a disponibilidade biológica de nutriente, como é o caso da reação de Maillard que pode ter comprometimento da sua disponibilidade biológica tanto do aminoácido livres quanto do presente na proteína. Sob o aspecto sensorial o calor pode provocar alterações no sabor e aroma. Da mesma forma também pode afetar a cor em razão da destruição de pigmentos como carotenóides e antocianinas (ROSENTHAL e DELIZA, 2008).

Dutra *et al.* (2012) avaliou o efeito do tratamento térmico na concentração de carotenóides, compostos fenólicos, ácido ascórbico e capacidade antioxidante do suco de tangerina murcote. Neste estudo pode-se verificar que a variável independente temperatura e tempo, e a interação das mesmas não influenciaram de maneira significativa nos resultados obtidos para as características avaliadas, com exceção do ácido ascórbico, no qual a influência da temperatura foi significativa na redução da concentração. O tratamento a 100 °C apresentou o maior valor de redução do ácido ascórbico quando comparado ao valor determinado para o suco in natura. Os tratamentos térmicos realizados a 94 °C por 16 a 44 s possibilitaram menores alterações e/ou maiores retenções nos compostos determinados.

Lima *et al.* (2012) ao estudar a estabilidade química e microbiológica da polpa de acerola verificou que o tratamento térmico contribuiu negativamente para as características sólidos solúveis, açúcares solúveis totais e redutores, reduzindo o seus conteúdos iniciais. Dentre as polpas estudadas a não-pasteurizada apresentou inicialmente as melhores características de cor e ambas apresentaram boa qualidade microbiológica do início ao final do armazenamento.

Rawson *et al.* (2011) ao estudar os efeitos do tratamento térmico e não térmico nos compostos bioativos constatou que em geral a alta temperatura utilizada pode afetar os níveis desses compostos em frutas exóticas e os seus produtos. Os mecanismos pelo qual essas substâncias são degradadas são inúmeros, complexos e complicados, às vezes desconhecido. Ainda de acordo com este estudo a necessidade de garantir a segurança alimentar e ao mesmo

tempo, atender à demanda por alimentos nutritivos tem feito aumentar os interesses em técnicas de conservação não térmicas.

Segundo Rosenthal e Deliza (2008) as tecnologias de processamentos de alimentos ditas emergentes são principalmente as que permitem a conservação dos produtos sem emprego de calor. Dentre esses métodos recomendados estão: alta pressão, campo elétrico pulsante, ôhmico, luz pulsante e a irradiação.

Alothman *et al.* (2009) constatou que o uso da irradiação na conservação de produtos alimentares provoca modificações mínimas no sabor, cor, nutrientes e outros atributos de qualidade. Esse processo induz perdas insignificantes ou sutis de compostos bioativos, pois não aumentam substancialmente a temperatura dos alimentos durante o processamento (WOOD e BRUHN, 2000).

Essas novas tecnologias representam uma forma eficiente, confiável para melhoria da qualidade nutricional do alimento, apresentam um grande potencial e para desenvolvimento de novos produtos (RAWSON *et al.*, 2011).

4.4.3- Irradiação

A irradiação é um processo físico de emissão e propagação de energia que pode ocorrer por intermédio de fenômenos ondulatórios ou por meio de partículas dotadas de energia cinética (Figura 5). De uma forma mais simples, é a energia que se propaga de um ponto a outro no espaço ou num meio material. A irradiação é o processo de aplicação desta energia a um material, tal como os alimentos, com a finalidade de esterilizá-los ou preservá-los através da destruição de microrganismos, parasitas, insetos e outras pragas (POLIZEL, 2006).

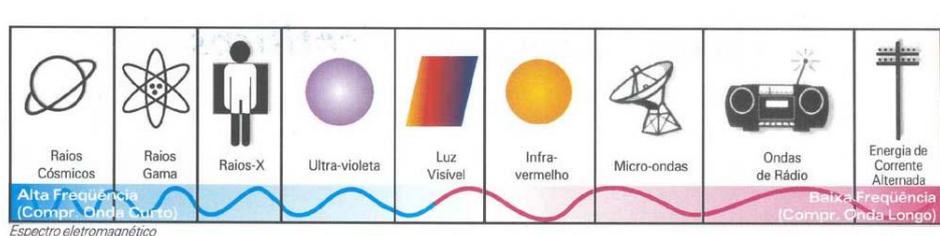


FIGURA 5- Espectro eletromagnético
Fonte: Cena/USP

De acordo com Gava, Silva e Frias (2008) a irradiação utilizada para alimentos é classificada como radiação ionizante, pois são de alta frequência capaz de quebrar ligações químicas quando absorvidas, podendo ocasionar a formação de íons. Os produtos obtidos neste processo de ionização são: íons (carregados eletricamente) ou neutros (radicais livres). Essas reações são responsáveis pela destruição de microrganismos durante a irradiação em alimentos.

A radiação utilizada para este processo pode ser proveniente tanto de uma máquina de feixes de elétrons como de fontes radioativas. Apenas as fontes de Cobalto (Co^{60}) e Césio (Cs^{137}) são consideradas para o uso comercial, devido à produção de raios gama de energias adequadas, disponibilidade e custo (GAVA, SILVA e FRIAS, 2008).

De acordo Polizel (2006) a radiação é uma forma de energia, dessa maneira a mesma pode ser expressa em ergs ou joules. No entanto, a quantidade de energia ionizante à qual um dado material é exposto denomina-se energia absorvida. A unidade de energia absorvida é o Gray (Gy), que equivale a um joule por quilograma (ou $10.000 \text{ erg.g}^{-1}$) de alimento. O seu múltiplo mais usado é o kGy (kiloGray) que corresponde à absorção de um kilojoule por quilograma de produto irradiado.

O processo de irradiação é influenciado por fatores externos e por fatores intrínsecos ao alimento, por este motivo, para cada produto a ser irradiado são estabelecidos procedimentos específicos, inclusive diferentes doses de radiação. Em frutas tropicais a utilização de baixas doses de irradiação (inferiores a 1 KGy) é efetivo para desinfestação de insetos, prolongamento da vida útil de frutas, substituindo a utilização de pesticidas como brometo de metila proibido ou restrito em muitos países devido a preocupação com resíduos tóxicos (FELLOWS, 2006).

A irradiação de alimentos merece destaque por possuir a capacidade de destruir microrganismos patogênicos e deteriorantes presentes nos alimentos sem alterar, dependendo da dose, seu sabor e sua qualidade nutricional. É empregada ainda para eliminar insetos e retardar o processo germinativo em vegetais bulbosos como a cebola, alho, etc. A utilização deste método proporciona um aumento na segurança dos alimentos destinados ao consumo humano e uma redução nas perdas causadas por deterioração (LIMA, 2009).

De acordo com a World Health Organization (WHO), citado por Freire Junior e Vital (2003), a utilização comercial da irradiação em qualquer “commodity” alimentícia, até a dosagem média de 10 kGy, não oferece risco toxicológico, é seguro, não induz problemas nutricionais, elimina microrganismos contaminantes e prejudiciais ao homem.

Em 1997, o Comitê de especialistas da Food and Agriculture Organization (FAO), World Health Organization (WHO) e International Atomic Energy Agency (IAEA) se reuniram e chegaram à conclusão que a irradiação em altas doses é semelhante ao convencional processamento térmico, como a esterilização de alimentos de baixa acidez, em que se elimina o perigo biológico dos alimentos destinados ao consumo, sem acarretar alterações que se constituam em um perigo (DIEHL, 2002).

Neste processo os raios gama não apresentam riscos de contaminação radioativa, pois o alimento não entra em contato direto com a fonte. Quanto aos aspectos toxicológicos, o alimento submetido à irradiação não se torna radioativo, pois se utiliza radiação ionizante de baixa energia e o alimento nunca entra em contato direto com a fonte irradiadora. As investigações realizadas pela IAEA demonstraram que os materiais da embalagem quando irradiados não oferecem risco nem para alimento nem para saúde humana (FREIRE JUNIOR e VITAL, 2003).

A irradiação é um método eficiente para a redução e/ou eliminação de patógenos que possam estar presentes nos alimentos (DIEHL, 1990; FARKAS, 2006; FAN *et al.*, 2008). A letalidade dos microrganismos ocorre devido às alterações sofridas pelo DNA microbiano, que perde a capacidade reprodutora (DIEHL, 1990).

O tratamento por irradiação ionizante é uma alternativa válida para obtenção de alimentos seguros, porém é preciso que esta prática esteja aliada as normas de qualidade, boas práticas de fabricação e análise de perigo e pontos críticos de controle, resultando na redução de risco para o consumidor (PEREIRA, 2009).

De acordo com Jay (2005), em 1964, um grupo internacional de microbiologia sugeriu três terminologias para alimentos tratados por irradiação:

- *Radapertização*: A radapertização é equivalente à esterilização por radiação ou “esterilização comercial”. Esse termo é assim utilizado nas indústrias de enlatados. Níveis usuais de irradiação são de 30 a 40 kGy.

- *Radicitização ou radiopasteurização*: A radicitização ou radiopasteurização assemelha-se a técnica da pasteurização. Através desta técnica obtém a redução do número de microrganismos viáveis (microrganismos patogênicos), não sendo útil para eliminação dos vírus. Os níveis de radiação nesta técnica variam de 2,5 a 10 kGy.

- *Radurização*: A radurização é uma técnica que visa realizar melhoria na qualidade do alimento pela redução dos microrganismos deteriorantes. A mesma permite o prolongamento do tempo de prateleira dos alimentos. Os níveis de radiação nesta técnica variam de 0,75 a 2,5 kGy.

De acordo o Quadro 1, dependendo da dose aplicada os alimentos podem ser tratados para redução da microbiota, eliminação de patógeno ou até mesmo esterilização completa. Observa-se que mesmo em dosagem baixas da ordem de 0,1 kGy, são capazes de inibir a ação de enzimas permitindo estender a vida útil de bulbos e tubérculos, inibição do brotamento e retardo do amadurecimento. Já as doses intermediária (entre 1 kGy e 10 kGy) promovem a melhoria na qualidade higiênica e a extensão da vida útil de vários produtos, isso é possível devido à redução na carga microbiana e eliminação completa de bactérias patogênicas. As dosagem igual ou superiores a 40 kGy são usadas mais com finalidade de esterilização (VITAL e FREIRE-JUNIOR, 2008).

QUADRO 1- Efeitos da irradiação nos alimentos

Classificação da dose de irradiação	Objetivos	Faixas de dose (kGy)	Gêneros Alimentícios
Doses baixas até 1 kGy	Inibição da germinação	0,05 – 0,15	Batata, cebola, alho, gengibre
	Desinfestação de insetos e desinfecção de parasitas	0,15 – 0,5	Grãos, legumes, frutas frescas ou secas, peixe seco, carne de vaca, carne de porco crua
Doses Médias 1 a 10 kGy	Inibição de processos físicos como retardo de amadurecimento	0,5-1,0	Frutas e vegetais frescos
	Extensão do tempo de armazenamento pela redução da carga microbiana	1,0-3,0	Peixe fresco, morangos
Doses Altas 10 a 50 kGy	Eliminação de Microrganismos patogênicos e redução de patógenos esporulantes	1,0-7,0	Frutos do mar frescos ou congelados, carne de frango ou de vaca, crua ou congelada
	Melhoria das propriedades tecnológicas dos alimentos	2,0-7,0	Aumento do rendimento do suco de uva, redução do tempo de cocção de vegetais desidratados
	Esterilização industrial com propósito comercial	30-50	Carne de vaca e de frango, frutos do mar, dietas hospitalares
	Descontaminação de certos ingredientes e aditivos alimentares	10-50	Especiarias e preparações enzimáticas

Fonte: (VITAL e FREIRE-JUNIOR, 2008)

4.5 - Legislação e o uso da Irradiação

No Brasil as pesquisas envolvendo a utilização da irradiação iniciaram-se em 1960 (LUIZ, 2008). A partir disso, tornou-se necessário a existência de uma legislação capaz de estabelecer padrões nacionais para a utilização da técnica de irradiação.

O Decreto Lei n.º 986 de 21 de Outubro de 1969, descreveu que o alimento irradiado é aquele que foi submetido à ação de radiações ionizantes, tendo como finalidade sua preservação ou para outros fins lícitos, quando obedecidas as normas que vierem a ser elaboradas pelo órgão competente do Ministério da Saúde (BRASIL, 1969).

O Decreto lei n.º 72718 de 29 de Agosto de 1973, elaborou normas gerais sobre irradiação dos alimentos desde a sua elaboração, armazenamento, transporte, distribuição, importação, exportação e exposição à venda ou entrega ao consumidor (BRASIL, 1973). Este decreto também estabelece referência sobre o registro de equipamentos destinados as operações de irradiação, bem como, as condições de funcionamento e processos requeridos. E ainda, que estes deveriam trazer identificados em sua embalagem, que foram submetidos ao processo de irradiação: “Alimento tratado por irradiação”.

O CNEN implantou em setembro de 1980, a norma 6.03 onde descreve o licenciamento de funcionamento das instalações destinadas à irradiação de alimentos ou qualquer outra instalação que irradie material para este fim quer seja para pesquisa, quer seja para produção em escala industrial (CNEN, 1980).

Em 2001, estabeleceu-se definitivamente a RDC/ANVISA/MS n.º 21, de 26 de janeiro de 2001, que atualizou os regulamentos para alimentos irradiados revogando as portarias anteriores. A principal alteração se deu para as doses aplicadas aos alimentos: “A dose absorvida deve ser suficiente para alcançar a finalidade pretendida e a dose máxima absorvida deve ser inferior àquela que comprometa as propriedades funcionais e, ou, atributos sensoriais do alimento” (BRASIL, 2001).

Essa legislação autoriza o uso da irradiação em qualquer alimento, desde que esteja de acordo com as normas de boas práticas. Percebe-se com isso que a mesma não estabelece um limite mínimo e máximo, “desde que a dose mínima absorvida (quantidade de energia absorvida por unidade de massa) seja suficiente para alcançar a finalidade pretendida”. E a dose máxima deve ser inferior àquela que comprometa as propriedades funcionais e características sensoriais do alimento (VITAL e FREIRE-JUNIOR, 2008).

Apesar de todo cuidado no emprego da irradiação, diversas barreiras ainda persistem e impedem que os alimentos irradiados alcancem as prateleiras dos supermercados. Na verdade, não são barreiras de natureza técnica ou científica, mas relacionadas à aceitação pelo consumidor. O mesmo ao tomar conhecimento do processo de irradiação tem a preocupação do alimento se tornar radioativo quando irradiado, isso seguramente não acontece. É necessária uma forte campanha visando esclarecimento do consumidor dos riscos e das vantagens do uso desta tecnologia.

4.6 - Fontes utilizadas na Irradiação e dosagem

Para irradiar os alimentos utilizam-se como fonte o cobalto 60 ou Césio 137. Essa fonte encontra-se instalada em uma câmara de irradiação cujas paredes são blindagens de concreto. Essa fonte radioativa, quando não esta em operação, fica armazenada numa piscina (poço) com água. Os materiais a serem irradiados são acondicionados em *containers* e são então conduzidos para o interior da câmara de irradiação, onde recebem a dose programada de radiação gama (Figura 6). O irradiador de grande porte é o equipamento empregado no tratamento dos alimentos tanto *in natura* quanto industrializados e na esterilização de alimentos, (POLIZEL, 2006).

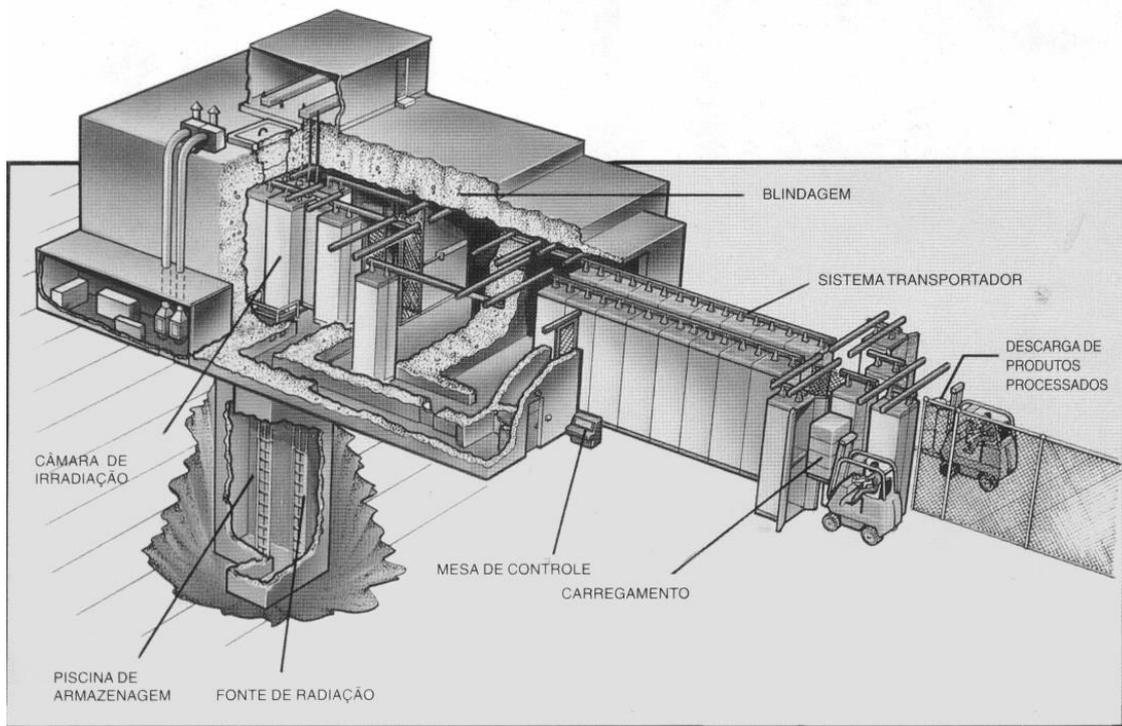


FIGURA 6 - Modelo de irradiador com fonte de cobalto 60.
Fonte: CENA/USP

A penetração da irradiação depende da densidade do alimento e da energia dos raios. O alimento ao passar pela fonte irradiadora absorve a irradiação, a parte externa recebe uma dose maior do que a interna. Para cada alimento existe uma dose máxima recebida na superfície externa e uma dose mínima no seu interior, a dose mínima deve garantir o efeito desejado na destruição dos microrganismos. A uniformidade de distribuição da dose é expressa pela relação da dosagem máxima e mínima (FELLOWS, 2006).

4.7 – Efeitos químicos e biológicos da irradiação de alimentos

Para avaliar o efeito da radiação ionizante é necessário conhecer como a incidência desse tipo de radiação se comporta sobre o alimento. Os elétrons e as radiações gama produzem ionizações e excitações nos átomos das moléculas da matéria os quais interagem, o que é o efeito primário da irradiação. Como causa da excitação molecular, aparecem novos íons e radicais livres, que dão lugar a recombinações e dimerizações, resultam substâncias alheias à composição inicial do produto, constituindo o efeito secundário da irradiação. Este se prolonga no alimento até o estabelecimento de produtos estáveis. O conjunto desses fenômenos é chamado de radiólise, e os novos compostos originados a partir desses efeitos são chamados de produtos radiolíticos (ORDÓÑEZ *et al.*, 2005).

De acordo com Ordóñez *et al.* (2005) a intensidade da radiólise depende da composição do alimento tratado, das condições de processamento e da dose de irradiação absorvida. As moléculas podem ser afetadas em maior ou menor grau pelo efeito primário. No entanto, a extensão e a generalização da radiólise se devem ao efeito secundário, pois como a água é um componente majoritário dos seres vivos e de muitos alimentos, quando irradiados pode produzir diversos radicais livres, de caráter oxidante, com capacidade de reação. Alguns desses radicais pode se perder ao formar novamente a molécula de água, a maioria deles intervém de maneira decisiva na radiólise. Seu efeito é ainda maior na presença de oxigênio, ao formarem peróxidos e superperóxidos, a presença desses radicais condicionará as reações de oxidação e de redução.

Os íons reativos produzidos pela irradiação dos alimentos danificam ou destroem os microrganismos, alterando a estrutura da membrana celular afetando toda a atividade enzimática. O efeito mais importante da irradiação sobre o microrganismo ocorre no ácido desoxirribonucléico (DNA) e nas moléculas de ácido ribonucléico no núcleo das células, necessárias para o crescimento e replicação. Devido a efeito o microrganismo não consegue se reproduzir, pois a dupla hélice do DNA não consegue desenrolar e dessa maneira não ocorrer reprodução (FELLOWS, 2006).

Segundo Fellows (2006), a velocidade da destruição das células individuais depende da velocidade no qual os íons interagem com as células do DNA. A redução dos microrganismos depende da dose total de radiação recebida. Assim como ocorre em outros métodos de conservação, na irradiação a velocidade de destruição de um microrganismo pode variar com a espécie, pois alguns microrganismos possuem mais de uma molécula de DNA, enquanto outras são capazes de reparar o DNA danificado. Portanto, o efeito da radiação ionizante será letal quando em primeiro lugar houver danos ao DNA e essa alteração afete a expressão de alguns genes e a biossíntese de várias enzimas interferindo na divisão celular.

4.7.1 - Uso da irradiação em frutas

A radiação gama pode ser usada em pequenas doses (< 1,0 kGy) para retardar o brotamento, o amadurecimento e para desinfestação de insetos. Em doses maiores, ou superior a 1,0 kGy requerida para controle de microrganismos pode ocorre a formação de “flavors” indesejáveis e amaciamento dos tecidos vegetais em alguns produtos. Os estudos para

controle de doença e aumento da vida útil das frutas têm demonstrado que doses de radiação entre 1,5 a 2,0 kGy, em alguns casos 3,0 kGy, tem sido eficiente no controle de doenças em diversas frutas. No entanto, doses iguais ou superior a 1,5 kGy pode causar escurecimento, amaciamento, amadurecimento anormal ou perdas de sabor e aroma no produto (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

De acordo com Chitarra e Chitarra (2005) a irradiação vem sendo muito utilizado em frutíferas tais como: morango, citros, mamão e manga. No morango e em frutos cítricos a utilização desse método tem sido empregada com a finalidade de reduzir os danos causados por doenças bióticas, e em algumas frutas como a goiaba, mamão e a manga a sua utilização visam o retardamento do amadurecimento, a morte de larvas de insetos presentes no interior dos frutos e redução dos sintomas da antracnose. No caso da amora-preta a irradiação da polpa pode ser uma alternativa, pois como o consumo *in natura* é restrito devido sua fragilidade e curto período pós-colheita. O processamento da fruta apresenta-se com uma alternativa para ampliar a sua utilização.

Oliveira *et al.* (2006) verificou os efeitos químicos e sensoriais da radiação gama sobre a conservação da goiaba branca Kumagai. Os frutos foram tratados com a dose de 0 Gy, 300 Gy, 600 Gy e 900 Gy e armazenados a temperatura de $8 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 5\%$ de umidade relativa durante 21 dias. A dose de radiação de 600 Gy foi a mais eficiente na conservação e também foi a que apresentou melhor aceitação no teste sensorial. A dose de 900 Gy revelou-se excessiva para conservação intensificando a velocidade de amadurecimento e reduzindo a textura. Neste estudo, constatou-se que associação da radiação gama com a refrigeração mostrou-se eficiente para conservação e promoveu o aumento na vida útil do fruto.

Campos *et al.* (2011) também realizou estudo goiabas para avaliar os efeito da irradiação gama associada à atmosfera modificada passiva na qualidade pós-colheita de goiabas 'Pedro Sato'. Esses frutos foram armazenadas a 10°C e 90-95%UR, em câmara frigorífica, por 28 dias. Os tratamentos foram: controle 1 (sem embalagem e sem irradiação); controle 2 (embalagem de poliestireno (PS) + polietileno de baixa densidade (PEBD) e sem irradiação); tratamento 1 (PS+PEBD e 0,2kGy); tratamento 2 (PS+PEBD e 0,6kGy), e tratamento 3 (PS+PEBD e 1,0kGy). Concluiu-se que as altas doses de irradiação promoveram efeito negativo nas características físico-químicas da goiaba 'Pedro Sato', e que apenas a menor dose utilizada (0,2kGy) associada à atmosfera modificada conservou frutos com maior qualidade e aceitabilidade.

O estudo realizado por Françoso *et al.* (2008) avaliou as alterações físico-químicas em morango irradiado com o cobalto 60. Foram usadas as seguintes doses: 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 kGy e controle, armazenados sob refrigeração (4°C) por 1, 8, 15, 22 e 29 dias. Neste estudo, constatou-se que irradiação não provocou alterações em nenhum dos parâmetros analisados, pois não foram verificadas diferenças entre as amostras irradiadas e a controle, já entre os períodos de armazenamento ocorreram diferenças em todos os parâmetros avaliados.

Silva, Silva e Spoto (2008) realizaram um estudo sobre a qualidade pós-colheita do abacaxi da cultivar Smooth Cayenne. Neste trabalho, utilizaram-se as doses de 100 e 150 Gy e o controle, e os frutos armazenados durante os períodos de 10, 20 e 30 dias, à temperatura de 12°C (± 1) e 85% (± 5) de umidade relativa. Foram realizadas análises físico-químicas a cada período de armazenamento visando obter informações dos efeitos da radiação ionizante sobre as características de qualidade do fruto. As doses aplicadas tiveram pouca influência sobre as características físico-químicas do abacaxi, porém, com melhores resultados quando comparados com a dose controle. O abacaxi armazenado até 20 dias foi avaliado como ideal para consumo devido às características essenciais na determinação do sabor da cultivar. No

entanto, o armazenamento por 30 dias foi considerado longo causando prejuízo a qualidade do abacaxi.

Daiuto *et al.* (2010) realizaram trabalho no qual avaliaram o efeito da radiação gama sobre o amadurecimento do abacate ‘Hass’. Foram utilizados as doses de 0; 0,2 kGy; 0,4 kGy; 0,6 kGy e 0,8 kGy. Os frutos foram analisados por 35 dias dessa maneira foram mantidos sob refrigeração à temperatura de $\pm 10^{\circ}\text{C}$ e $90\pm 5\%$ de UR. A refrigeração foi efetiva na manutenção da conservação dos frutos de abacate da variedade Hass. As análises que mais demonstraram as diferenças entre os tratamentos foram à perda de massa, respiração e textura. As doses de 0,2 e 0,6 KGy demonstraram ser as mais efetivas na conservação dos frutos.

4.8 - Atitudes do consumidor em relação ao produto irradiado

Apesar de todo cuidado no emprego da irradiação, diversas barreiras ainda persistem e impedem que os alimentos irradiados sejam comercializados amplamente. Na verdade, não são barreiras de natureza técnica ou científica, mas relacionadas à aceitação (ORNELLAS *et al.*, 2006).

Segundo Deliza e Rosenthal (2008) as características sensoriais são importantes para sucesso do produto, porém não é garantia para sua aprovação. A percepção do consumidor em relação à segurança, custo e benefícios associados à tecnologia pode afetar a decisão de compra.

Ornellas *et al.* (2006) realizou um estudo sobre a aceitação dos consumidores em relação ao consumo de alimentos irradiados, e constatou-se que do total de 59,6% das pessoas entrevistadas não sabiam que a irradiação é um método de conservação de alimentos e esse mesmo percentual não souberam opinar se consumiriam produtos tratados com irradiação.

De acordo com Ornellas *et al.* (2006), pode-se verificar que 16% dos entrevistados acreditam que alimentos irradiados significam o mesmo que alimentos radioativos, evidenciando a falta de informação sobre essa tecnologia. Estudo similar feito por Resurreccion *et al.* (1995) constatou que 33% dos entrevistados, na cidade de Atlanta, nos Estados Unidos também tinham essa mesma percepção.

Estes dados são de extrema importância, pois os potenciais consumidores dos produtos irradiados somente decidirão entre adquirir ou não esses produtos se tiverem conhecimentos suficientes. Dessa forma, devem ser fornecidas informações que permitam a conscientização dos consumidores em relação à segurança e benefícios obtidos por esta técnica passando também por um estreitamento nas relações entre o governo e as indústrias do setor (VITAL e FREIRE-JUNIOR, 2008).

A legislação brasileira exige que alimentos tratados por irradiados exibam no rótulo o símbolo internacional denominado de “radura” (Figura 7) acompanhado pelas palavras “tratado por irradiação” ou “tratado com radiação”, garantindo ao consumidor o direito de escolha em optar ou não por um produto irradiado.



FIGURA 7 – Radura presente na embalagem de alimentos irradiados

Observa-se que além da desinformação e do preconceito, outra fonte de resistência ao consumo de alimentos irradiados tem relação com nome do processo. Isso se deve principalmente pelo acidente nuclear e o da bomba atômica lançada na Segunda Guerra Mundial. Esses episódios marcaram profundamente o imaginário coletivo que associou a radioatividade com os malefícios à saúde e à morte. Por esse motivo, em alguns países, apóiam a substituição da palavra "irradiação" do rótulo e sugerem como opções "pasteurização a frio", "pasteurização eletrônica", "energia ionizante" ou, simplesmente, "ionização" (VITAL e FREIRE-JUNIOR, 2008).

5-MATERIAIS E MÉTODOS

5.1- Matéria-prima

Para realização dos experimentos utilizou-se amora-preta (*Rubus* spp.), variedade Tupy. Os frutos foram adquiridos congelados, em embalagens de 1 kg, da empresa *De Marchi*, que está localizada no estado de São Paulo na cidade de Jundiaí.

5.2- Processamento e obtenção da polpa de amora-preta

A obtenção da polpa de amora foi realizada na Planta Piloto da Embrapa Agroindústria de Alimentos, no Rio de Janeiro. Antes do despulpamento os frutos foram selecionados, passaram por um processo de lavagem e sanitização através da imersão numa solução de hipoclorito de sódio a 100 ppm por 15 minutos. Em seguida, o fruto foi despulpado com o auxílio de uma despulpadeira horizontal equipada com uma peneira de 0,8 mm de diâmetro da marca Bonina (Itametal, Brasil) e carga de 300 kg.h⁻¹. O rendimento da polpa foi calculado de acordo com a equação (1).

$$\text{Rendimento (\%)} = \frac{\text{Polpa obtida (Kg)}}{\text{Frutos (Kg)}} \times 100 \quad (1)$$

5.3- Processo de irradiação

Para irradiação da polpa de amora-preta foi realizado o despulpamento do fruto, em seguida a polpa foi acondicionada em sacos plásticos de polietileno de 100g e previamente congelado para minimizar os efeitos da radiólise.

O processo foi realizado no laboratório de irradiação gama no Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN), localizado na cidade de Belo Horizonte – MG.

O laboratório conta com uma câmara irradiadora que é constituída por bloco de concreto armado, com uma área de 96 m² e paredes de 1,65 m de espessura. O irradiador gama do CDTN foi adquirido da MDS Nordion, empresa canadense que mantém um padrão de segurança internacional para operação de irradiadores. Na Figura 9 e 10 pode-se observar a sala de operações e câmara de irradiação que compõem o laboratório de irradiação gama.

A fonte irradiadora utilizada foi o cobalto ⁶⁰ e a dosagem emitida pela fonte foi de 3,24 kGy/h, sendo tempo de exposição calculado considerando as seguintes doses: 0,75 kGy; 1,5

kGy; 3 kGy e a dose controle não recebeu irradiação. A distância da polpa de amora para fonte irradiadora foi de 29 cm, essa distância teve por finalidade permitir a aplicação da dose de forma mais uniforme. Logo após o processo de irradiação gama, a polpa foi armazenada a temperatura de 4 °C por 60 dias, sendo avaliadas nos tempos 0, 7, 15, 30 e 60 dias. Na figura 6 pode-se observar um esquema do processo de irradiação.



Figura 9 - Sala de operação do laboratório de irradiação gama
Fonte: Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN)



Figura 10- Interior da câmara de irradiação: mesas giratórias para posicionamento dos produtos a serem irradiados e protetor da fonte de cobalto 60.

Fonte: Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN)

5.4- Tratamento térmico

A etapa da pasteurização da polpa foi realizada na Embrapa – Agroindústria de Alimentos. O processo de pasteurização foi realizado em um o pasteurizador do tipo trocador de calor de superfície raspada Armfield FT25D SSHE (Armfield, England), conforme mostrado na Figura 8 a seguir. Foi utilizado o binômio tempo/temperatura de 75°C/20s (VILAR *et al.*, 2011). O pasteurizador foi acoplado a um sistema de envase ultralimpo, onde as amostras foram embaladas em sacos de polietileno de 100 gramas. Logo em seguida, a polpa pasteurizada e a não pasteurizada foram mantidas refrigeradas em câmara incubadora do tipo BOD à 4°C, sendo avaliadas nos tempos 0, 7, 15, 30 e 60 dias.



Figura 8 - Pasteurizador em um trocador de calor de superfície raspada Armfield

5.5- Métodos Analíticos

As determinações analíticas da polpa pasteurizada e irradiada foram realizadas nos laboratórios da Embrapa Agroindústria de Alimentos, no Rio de Janeiro/RJ.

- **pH**

As verificações de pH foram realizadas através de leitura direta em potenciômetro Metronal E-120 de acordo com a metodologia descrita pela AOAC, utilizando as soluções tampão pH 4,0 e pH 7,0, para calibração do equipamento.

- **Acidez Total**

Para verificar a acidez titulável total da polpa de amora foi utilizado o método titulométrico proposto pela AOAC. Para esta análise utilizou-se um titulador automático, marca Metrohm, modelo 785 DMP – Titrino, utilizando como titulante uma solução de hidróxido de sódio que foi fatorada com biftalato de sódio.

- **Sólidos solúveis (°Brix):**

A quantidade de sólidos solúveis foi determinada pela leitura direta em refratômetro Abbé, modelo Bellingham + Stanley Limited, com escala em graus Brix, segundo método 932.14 da AOAC.

- **Sólidos Totais:**

A determinação de sólidos totais foi feita utilizando estufa a vácuo a uma temperatura 60 – 80 °C, à pressão de 25 in Hg até a obtenção de peso constante (AOAC, 1997).

- **Teor de antocianinas pelo método do pH diferencial**

A quantificação do teor de antocianinas da polpa de amora (*Rubus spp.*), foi realizada pelo método do pH diferencial (LEE *et al.*, 2008). Para execução desta análise foi retido uma alíquota da polpa de amora, em seguida foi pesado e transferido para o balão volumétrico e avolumado com dois sistemas tampão: pH 1,0 (cloreto de potássio/ ácido clorídrico) e pH 4,5 (cloreto de potássio/acetato de sódio). Após 30 minutos em repouso ao abrigo da luz, foram filtradas em papel de filtro (faixa preta) e realizada a leitura espectrofotômetro em 2 comprimentos de onda (510 nm = absorção máxima; 700 nm = ausência de absorção). A absorbância foi calculada a partir da equação (2).

$$A = (A_{\lambda_{\max}} - A_{700\text{nm}})_{\text{pH}1.0} - (A_{\lambda_{\max}} - A_{700\text{nm}})_{\text{pH}4.5} \quad (2)$$

A concentração dos pigmentos antociânicos monoméricos foi calculada e representada em cianidina-3-glicosídeo através da utilizada da equação (3).

$$AM = \frac{A.MM.FD}{\epsilon.b} \quad (3)$$

Onde:

AM= concentração de antocianinas monoméricas em g.L⁻¹

A = absorvância calculada pela equação 2

MM = massa molar da cianidina-3-glicosídeo (449,2 g.mol⁻¹)

ϵ = coeficiente de absorvância molar da cianidina-3-glicosídeo (26.900 L.cm⁻¹.mol⁻¹)

FD = fator de diluição

b = caminho óptico da cubeta usada no espectrofotômetro (cm)

- **Composição Centesimal**

A composição centesimal das amostras foi realizada através das metodologias oficiais descritas abaixo:

- Teor de cinzas pelo método 923.03, AOAC (2000);
- Umidade pelo método 925.45D, AOAC (2005);
- Extrato etéreo pelo método 922.06, AOAC (2005);
- Nitrogênio total pelo método de Kjeldahl tradicional – AACC (1995) – método 46-13 modificado e fator 6.25 para conversão do nitrogênio em proteínas totais.
- Carboidrato total calculado por diferença

- **Cor**

A cor foi avaliada objetivamente pela reflectância no espaço de cor CIELab usando Color Meter-Minolta C-400, de acordo com a metodologia de MINOLTA (1994). A escala utilizada foi a Hunter que mensuram as três dimensões da cor: L* representa o eixo da luminosidade, que vai de 0 (preto) a 100 (branco); a*, que representa o eixo do vermelho-verde (valores positivos são tons de vermelho, valores negativos, tons de verde e o 0 é neutro); b*, representa o eixo do amarelo-azul (valores positivos tons de amarelo, negativos tons de azul e o 0 é neutro).

Para a análise de cor utilizou-se o equipamento equipado com o iluminante que foi previamente calibrado com um padrão branco. As amostras foram colocadas em uma placa de Petri e foram realizadas 3 leituras sequenciais de cada amostra.

- **Atividade antioxidante**

Para a determinação da atividade antioxidante das amostras utilizou-se a metodologia descrita por Rufino *et al.* (2007) e a quantificação de acordo com Re *et al.* (1999).

Para extração foram pesados aproximadamente 1,0 gramas de amostra em tubos de centrifuga e em seqüência foram adicionados 10 mL de metanol / água (50:50, v / v). O extrato permaneceu em repouso durante um período de 60 minutos em temperatura ambiente e ao abrigo de luz.

Após este período os tubos foram centrifugados durante 15 minutos. Em seguida foi adicionado ao sobrenadante 10 mL de acetona / água (70:30, v / v). O resíduo da primeira extração foi homogeneizado, deixado em repouso por 60 minutos ao abrigo da luz e centrifugada.

O extrato recolhido da primeira e segunda extração foi transferido para balão volumétrico e avolumado com água destilada e utilizados para determinar a capacidade antioxidante.

Para preparação da solução estoque utilizou-se 7mM de radical ABTS+• (2,2'-azino-bis (ácido 3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico) e 145mM de persulfato de potássio, permitindo a mistura repousar no escuro a temperatura ambiente durante 12-16 h antes da utilização.

A construção da curva de calibração de Trolox (6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcroma-2-ácido carboxílico) foi elaborada com as seguintes concentrações: 100, 500, 1000, 1500 e 2000 µM. Essas concentrações de trolox foram diluídas em etanol 95%, as quais ao reagirem com a solução de ABTS+• promovendo um decréscimo na absorvância da solução, lida utilizado o espectrofotômetro à 734nm.

Para a quantificação da atividade antioxidante foi feito a diluição da solução de ABTS+• com etanol para uma absorvância de $0,700 \pm 0,02$ no 734 nm que foi mantido ao abrigo da luz à temperatura ambiente. Para leitura usou-se uma alíquota do extrato da amostra acrescido da solução etanólica de ABTS+•. A leitura foi realizada 6 minutos após a mistura em triplicata, no comprimento de onda de 734nm. Deste modo, a diferença entre a absorvância do branco e da amostra, pôde ser expressa como equivalente de Trolox necessário para uma mesma resposta, utilizando a equação da reta da curva de calibração deste padrão.

- **Análises microbiológicas:**

A análise microbiológica da polpa de amora foi realizado de acordo com os padrões requeridos pela legislação brasileira (BRASIL, 2001) para polpas de frutas *in natura* e polpas e sucos referem-se apenas às determinações de coliformes a 35 °C e 45 °C e *Salmonella*. Porém, para uma melhor avaliação das condições higiênico sanitárias dos processamentos, também foram realizadas, as contagens de fungos filamentosos e leveduras e a contagem total de bactérias psicrotróficas.

- **Avaliação da estabilidade das amostras ao longo do armazenamento**

A polpa foi acondicionada embalagens de polietileno de 100g e armazenada na câmara incubadora do tipo BOD a 4°C para avaliação da estabilidade por 60 dias. Imediatamente após o processamento (tempo zero) e a intervalos de 7, 15, 30 e 60 dias, foram realizadas análises de pH, acidez total, cor, sólidos totais, sólidos solúveis, antocianina pelo método do pH diferencial e atividade antioxidante.

As análises microbiológicas de coliformes a 35 °C e 45 °C, *Salmonella spp.*, fungo filamentosos e leveduras que foram realizadas nos tempo zero, 7, 15, 30 e 60 dias de armazenamento, seguindo-se a metodologia de APHA (2001) e SIQUEIRA (1995).

Em cada tempo, foram coletados 4 embalagens de polietileno de polpa de amora irradiada de cada dose. Para realização das análises da polpa de amora pasteurizada e não pasteurizada foram coletadas 3 amostras em cada tempo para a realização das análises químicas, físico-química e microbiológicas.

5.6- Análise estatística

Para a verificação da existência de diferenças significativas entre os tratamentos foi feito análise de variância relativa aos parâmetros considerados. O delineamento experimental adotado foi inteiramente causalizado, sendo que cada repetição consistiu em uma embalagem contendo 100 g de polpa de amora (03 amostras com 100 gramas cada).

Os dados foram submetidos à análise de variância foi realizado teste de Tukey para comparação das médias com nível de significância de 1%. Os resultados foram submetidos à análise estatística pelo Programa XLSTAT 7.5.

6- RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1- Rendimento do processo de despulpamento

No processo de despulpamento o peso inicial da fruta *in natura* era de 8,0 kg e após o despulpamento o peso final da polpa foi de 6,56 Kg. Assim verifica-se que o rendimento após o despulpamento foi de 82%.

6.2- Composição Centesimal

O conhecimento da composição química dos alimentos é fundamental para que possa fazer escolhas e consumir equilibradamente os nutrientes de acordo com a Ingestão Diária Recomendada (Núcleo de Estudos e Pesquisa em Alimentação, 2004). Os resultados da composição Centesimal da polpa de amora-preta encontram-se descritos na Tabela 2.

Tabela 2 - Composição Centesimal da polpa de amora

	Informação nutricional Fruto congelado da empresa**** <i>De Marchi</i> ²	Análise da composição centesimal da polpa de amora Lameiro et al. (2011) ¹	Análise da composição centesimal da polpa de amora
Umidade	-	92,43± 0,70	90,98± 0,02*
Cinzas	-	1,66 ± 0,03	0,23± 0,03*
Nitrogênio total/Proteína	1,7*	0,95± 0,15	0,86*
Extrato Etéreo	-	0,53 ± 0,03	0,41±0,08*
Fibra Alimentar	0,9*	0,28 ± 0,07	0,73*
Carboidratos	12,2*	4,30 ± 0,19	6,80*
Valor Calórico	53**	26,49 ± 0,01	34,33**
Gorduras Totais	0,4*		-
Gorduras Saturadas	0*		-
Colesterol	0*		-
Cálcio	30***		-
Ferro	3,7***		-
Sódio	2***		-

*valores expresso em g.100g⁻¹; ** valor expresso em Kcal.100g⁻¹; *** valor expresso em Mg.g⁻¹;****Valores diário de referencia com base em uma dieta de 2500 calorias. ¹Resultados das avaliação da composição da polpa de amora-preta cv. Tupy safra 2009/2010. ²Fonte: www.demarchi.com.br

A polpa de amora caracteriza-se por apresentar alto teor de umidade 90,97 g.100g⁻¹ polpa. Hirsch (2011) encontrou os valores de umidade variando entre 84,8 e 90,30 g.100g⁻¹. Augusta *et al.* (2010) encontrou ao estudar a composição centesimal do jambo o teor de umidade de 84,57 g.100g⁻¹, enquadrando-se na classe dos frutos carnosos e suculentos. De acordo com Chim (2008) essa variação no teor de umidade entre cultivares demonstra a variabilidade da constituição química das frutas de regiões distintas.

O elevado teor de umidade é uma característica comum aos frutos de amoreira-preta é o fator que dificulta a conservação do mesmo no estado *in natura*, sendo o principal motivo pelo qual grande parte dos frutos é destinada para elaboração de produtos industrializados (RASEIRA e ANTUNES, 2004).

De acordo com os dados da tabela de composição da polpa de amora, a quantidade de proteína foi de 0,86 g.100g⁻¹; o teor de extrato etéreo 0,41g.100g⁻¹; teor de cinzas 0,23 g.100g⁻¹ e o teor de carboidratos é 6,80 g.100g⁻¹. França *et al.* (2008) ao analisar a composição

química do morango encontrou os seguintes valores: 0,78 g.100g⁻¹ de proteína; 0,20 g.100g⁻¹ extrato etéreo; 0,44 g.100g⁻¹ de cinzas e 5,50 g.100g⁻¹ de carboidrato; 93,08 g.100g⁻¹ de umidade. O teor de proteína e carboidrato da polpa de amora foi superior ao encontrado na composição química do morango. Já o teor de extrato etéreo e cinzas do morango foram superiores ao encontrado na amora.

O valor calórico encontrado na análise foi de 34,33 Kcal.100g⁻¹. Lameiro *et al.* (2011) em seu estudo sobre a caracterização físico-química das polpa de amora e mirtilo encontrou respectivamente os seguintes valores de calóricos: de 26,49 Kcal.100g⁻¹ e 50,67 Kcal.100g⁻¹. De acordo com resultado pode-se verificar que o mirtilo é mais calórico do que a amora.

De acordo Araújo (2009), essa diferença na composição dos frutos de amoreira esta relacionado com a condição edafo-climáticas do local e ano de produção, tipo de cultivar, bem como com o ponto de maturação no momento da colheita, condições de estocagem pós-colheita e tipo de processamento a que é submetido o fruto, influenciando diretamente nas diferentes características encontradas entre as polpas. De posse desse resultado pode-se verificar que o valor encontrado na análise foi pouco diferente isso pode ser devido a essas condições citadas anteriormente.

6.3- Análises microbiológicas

A análise microbiológica foi realizada com objetivo de verificar possíveis microrganismos presente ao longo do tempo de armazenamento. Essas as alterações microbiológicas são indesejáveis em qualquer tipo de alimento, bem com a presença de patógenos, microrganismos indicadores de más condições de higiênico-sanitárias. Os resultados da análise microbiológica da polpa de amora avaliadas durante 60 dias de armazenamento estão expresso na tabela 3.

O tratamento em que utilizou a dosagem 1,5 kGy não apresentou desenvolvimento de bolores e leveduras e aeróbico psicrotróficos até 30 dias. Aos 60 dias de armazenamentos as amostras controle, 0,75 kGy e 3,0 kGy apresentaram desenvolvimento microbiano acima de 10⁴.

Segundo Diehl (1990) a injúria causada pela radiação estende a fase lag dos microrganismos sobreviventes. A irradiação associada à temperatura utilizada no armazenamento pode ter contribuído para este resultado. Domarco *et al.* (1999) em seu trabalho constatou que a irradiação associado a outros métodos de conservação pode aumentar a vida de prateleira do produto.

O tratamento 1,5 kGy foi o que apresentou menor contagem para fungos filamentosos e leveduras e aeróbico psicrotróficos. Não foi detectado a presença de *salmonella spp.* e o número provável de coliformes 35°C e 45°C, foi menor que 3NMP.g⁻¹. Esse resultado indica que essa amostra encontra-se de acordo com que determina a legislação brasileira se mostrando adequado para o consumo.

De acordo com os resultados da análise microbiológica da polpa de amora irradiada pode-se verificar que não houve desenvolvimento de microrganismo nos tempos 0 e 7 dias em todos os tratamentos analisados. Entretanto, houve crescimento após o sétimo dia de armazenamento.

O congelamento no qual as amostras foram submetidas, para evitar o efeito da radiólise e a refrigeração pode ter contribuído inicialmente para a baixa contagem de

microrganismo, pois esses dois métodos são efetivos para retardar os processos metabólicos e o crescimento microbiano (FARAONI, 2006).

Tabela 3- Resultados da análise microbiológica (média das contagens) obtidas através da análise da polpa de amora irradiada.

TEMPO 0 DIAS				
Nome da análise	0	0,75 kGy	1,5 kGy	3,0 kGy
<i>Contagem padrão em placas aeróbios Psicrotróficos (UFC.g⁻¹)¹</i>	<1,0 x 10 ¹ estimado			
<i>Salmonella sp,</i>	Ausência	-	-	-
<i>Coliformes a 45°C (NMP.g⁻¹)</i>	<3	-	-	-
<i>Coliformes a 35°C (NMP/g)</i>	<3	-	-	-
<i>Contagem de fungos filamentosos e leveduras² (UFC.g⁻¹)</i>	<1,0 x 10 ¹ estimado			
TEMPO 7 DIAS				
<i>Contagem padrão em placas aeróbios Psicrotróficos (UFC.g⁻¹)¹</i>	<1,0 x 10 ¹ estimado			
<i>Contagem de fungos filamentosos e leveduras² (UFC.g⁻¹)</i>	<1,0 x 10 ¹ estimado			
TEMPO 15 DIAS				
<i>Contagem padrão em placas aeróbios Psicrotróficos (UFC.g⁻¹)¹</i>	<1,0 x 10 ¹ estimado	<1,0 x 10 ¹ estimado	<1,0 x 10 ¹ estimado	1,3 x 10 ³ estimado
<i>Contagem de fungos filamentosos e leveduras² (UFC.g⁻¹)</i>	<1,0 x 10 ¹ estimado	2,0x10 ² estimado	<1,0 x 10 ¹ estimado	1,2x10 ³ estimado
TEMPO 30 DIAS				
<i>Contagem padrão em placas aeróbios Psicrotróficos (UFC.g⁻¹)¹</i>	1,2 x 10 ⁶	>2,5x10 ⁶	<1,0 x 10 ¹ estimado	2,2 x 10 ⁵ estimado
<i>Contagem de fungos filamentosos e leveduras² (UFC.g⁻¹)</i>	1,1 x 10 ⁶	8,9x10 ⁴	<1,0 x 10 ¹ estimado	1,8x10 ⁵
TEMPO 60 DIAS				
<i>Contagem padrão em placas aeróbios Psicrotróficos (UFC.g⁻¹)¹</i>	7,9 x 10 ⁴	1,4 x 10 ⁵	1,2 x 10 ⁴	1,7 x 10 ⁴ estimado
<i>Contagem de fungos filamentosos e leveduras² (UFC.g⁻¹)</i>	2,4 x 10 ⁴	1,8 x 10 ⁵	1,0 x 10 ³ estimado	2,3 x 10 ⁴

Valores estimados referem-se a contagens abaixo ou acima dos limites estabelecidos pela metodologia, Os limites são: ¹ entre 25 e 250 UFC.g⁻¹; ² entre 15 e 150 UFC.g⁻¹.

Na tabela 4 está expresso resultado da análise microbiológica da polpa de amora Polpa de amora submetida ao tratamento térmico.

Tabela 4- Resultados da análise microbiológica (média das contagens) obtidas através da análise da polpa de amora pasteurizada (PAP) e não pasteurizada (PANP).

Amostra	Contagem padrão em placas aeróbios Psicrotróficos (UFC.g ⁻¹) ¹	Salmonella sp,	Coliformes a 45°C (NMP.g ⁻¹)	Coliformes a 35°C (NMP.g ⁻¹)	Contagem de fungos filamentosos e leveduras ² (UFC.g ⁻¹)
PAP - 0	<1,0 x 10 ¹ estimado	-	-	-	<1,0 x 10 ¹ estimado
PANP- 0	<1,0 x 10 ¹ estimado	-	-	-	5,4 x 10 ³
PAP - 7	<1,0 x 10 ¹ estimado	Ausência	<3	<3	<1,0 x 10 ¹ estimado
PANP- 7	<1,5 x 10 ³	Ausência	<3	<3	3,1 x 10 ³
PAP - 15	<1,0 x 10 ¹ estimado	Ausência	<3	<3	<1,0 x 10 ¹ estimado
PANP- 15	<2,5 x 10 ⁶ estimado	Ausência	<3	<3	>1,5 x 10 ⁶ estimado
PAP - 30	<1,0 x 10 ¹ estimado	Ausência	<3	<3	<1,0 x 10 ¹ estimado
PANP- 30	<2,5 x 10 ⁶ estimado	Ausência	<3	<3	>1,5 x 10 ⁶ estimado
PAP - 60	<1,0 x 10 ¹ estimado	-	-	-	<1,0 x 10 ¹ estimado
PANP- 60	>2,5x10 ⁶ estimado	-	-	-	>1,5 x 10 ⁶ estimado

Valores estimados referem-se a contagens abaixo ou acima dos limites estabelecidos pela metodologia, Os limites são: ¹ entre 25 e 250 UFC.g⁻¹; ² entre 15 e 150 UFC.g⁻¹.

Na análise de contagem de microrganismos psicrotróficos da polpa de amora pasteurizada o valor estimado foi < 1,0 X 10¹ UFC.g⁻¹. Isto significa que houve uma baixa contagem de colônias desses microrganismos na polpa amora pasteurizada analisada. Já para polpa não pasteurizada observou-se que nos tempos 7, 15, 30 e 60 dias a mesma diferiu da pasteurizada, apresentando o desenvolvimento de microrganismo psicrotróficos. Em relação à contagem de fungos filamentosos e leveduras, observa-se que na polpa de amora pasteurizada em todos os tempos analisados o valor estimado foi < 1,0 X 10¹ UFC.g⁻¹. Enquanto na polpa não pasteurizada verificou-se o desenvolvimento de fungos e leveduras constatado pelos respectivos resultados (5,4 x 10³ UFC. g⁻¹; 3,1 x 10³ UFC.g⁻¹, >1,5 x 10⁶ estimado UFC.g⁻¹, >1,5 x 10⁶ estimado UFC.g⁻¹ e >1,5 x 10⁶ estimado UFC.g⁻¹).

De acordo com Franco e Landgraf (2003), a utilização do tratamento térmico proporciona a conservação do alimento, pois a temperatura elevada causa um efeito deletério nos microrganismos. Dessa maneira, constatou-se que nas amostras analisadas ocorreu ausência de *Salmonella*. Também se notou ao avaliar a análise para coliforme 45°C e coliforme 35°C que o mesmo apresentou um valor <3 (NMP.g⁻¹) para todos os tempos analisados.

Dessa forma, é possível notar que a pasteurização foi um processo efetivo no controle de microrganismos aeróbios psicrotróficos, bolores e leveduras durante o tempo de armazenamento. É interessante ressaltar que além do processo térmico que favoreceu esta baixa contagem em relação a coliformes totais e aeróbicos, a adequada condição sanitária dos frutos e as condições higiênicas no manuseio para obtenção da polpa de amora pode ter contribuído para este resultado (MAIA; SOUZA; LIMA, 2007).

Verificou-se que o processamento térmico reduziu consideravelmente a carga microbiana inicial da polpa pasteurizada em relação a todos os grupos de microrganismos analisados e que os padrões microbiológicos do produto obtido estavam de acordo com os padrões estabelecidos pela legislação brasileira para polpa de fruta tratada termicamente (BRASIL, 2001).

6.4 - Caracterização físico-química da polpa de amora irradiada

Na Tabela 5, pode-se observar a análise do teor de antocianinas na polpa de amora irradiada. Na avaliação realizada no tempo 0 e 7 dias, verifica-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos. Porém, até 15 dias de armazenamento não houve diferença na dose.

Tabela 5 - Análises do teor de antocianinas ($\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$) na polpa de amora irradiada.

Dose/ Tempo (kGy)	0 dias	7 dias	15 dias	30 dias	60 dias
0	28,82±0,43 ^{Ab}	28,67±0,74 ^{Ab}	27,23±0,41 ^{Ab}	23,44±0,36 ^{Aa}	23,61±0,22 ^{Ba}
0,75	27,50±0,39 ^{Ab}	27,98±0,20 ^{Ab}	27,32±0,10 ^{Ab}	27,78±0,91 ^{Bb}	23,61±0,47 ^{Ba}
1,5	27,68±0,83 ^{Ab}	28,92±0,47 ^{Ab}	28,27±0,81 ^{Ab}	28,76±0,16 ^{Bb}	24,18±0,42 ^{Ba}
3,0	28,93±0,37 ^{Ac}	27,43±0,97 ^{Abc}	26,71±0,78 ^{Abc}	25,11±1,05 ^{Ab}	20,45±0,02 ^{Aa}

Efeito da dose – Médias \pm desvio padrão seguidas por letra maiúscula iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade. Efeito do tempo de armazenamento - Médias seguidas por letra minúscula iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Gonçalves *et al.* (2006), ao avaliaram a irradiação gama para a conservação da polpa de acerola não constataram inicialmente perda no teor de antocianina. Neste trabalho também não ocorreu perda significativa no início do armazenamento, porém observou-se uma redução no teor destes compostos aos 60 dias de armazenamento. Ainda de acordo com Gonçalves *et al.* (2006), a antocianina é um pigmento instável, que pode ser degradado durante o processamento, congelamento e armazenamento. Esses fatores podem ter sido os responsáveis pela redução no teor de antocianina.

Na Tabela 6 está expressa a avaliação da atividade antioxidante das amostras irradiadas durante os 60 dias de armazenamento. Pode-se verificar que houve diferença estatística entre os tratamentos. Os valores de atividade antioxidante se mantiveram estáveis durante todos os tempos avaliados.

Tabela 6 - Análises de atividade antioxidante ($\mu\text{mol.g}^{-1}$) da polpa de amora irradiada

Dose/ Tempo (kGy)	0 dias	7 dias	15 dias	30 dias	60 dias
0	33,13 ± 0,77 ^{Ab}	27,82 ± 0,71 ^{Aa}	29,21 ± 1,59 ^{Aab}	32,12 ± 1,50 ^{Aab}	31,95 ± 1,35 ^{Aab}
0,75	32,39 ± 0,89 ^{Aa}	29,92 ± 0,93 ^{Aa}	29,28 ± 1,46 ^{Aa}	31,83 ± 0,70 ^{Aa}	29,58 ± 0,58 ^{Aa}
1,5	30,93 ± 0,47 ^{Aa}	30,74 ± 0,31 ^{Aa}	29,40 ± 1,31 ^{Aa}	31,98 ± 1,00 ^{Aa}	32,62 ± 0,24 ^{Aa}
3,0	28,60 ± 1,77 ^{Aab}	29,61 ± 0,60 ^{Aab}	28,28 ± 0,59 ^{Aa}	30,15 ± 0,49 ^{Aab}	32,41 ± 1,15 ^{Ab}

Efeito da dose – Médias \pm desvio padrão seguidas por letra maiúscula iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade. Efeito do tempo de armazenamento – Médias \pm desvio padrão seguidas por letra minúscula iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Silva, Vendruscolo e Toralles (2011) ao estudar as pequenas frutas do Rio Grande do Sul, avaliaram a capacidade e sua correlação com fenóis e antocianinas entre cultivares de amora-preta, morango e mirtilo. Para todas as frutas estudadas ocorreu grande variabilidade nos teores de antocianinas e fenóis totais, assim como capacidade antioxidante, destacando-se positivamente as cultivares Diamante para morango, Xavante para amora-preta e Blue Belle para mirtilo, sendo que a capacidade antioxidante da cv. Xavante foi superior às demais e comparável com vinho tinto e suco de romã, que são referências para alta capacidade antioxidante. De acordo com esse autor amora-preta apresentou correlação entre antocianinas e capacidade antioxidante.

Os valores de pH das amostras de polpa amora-preta (Tabela 7) ficaram na faixa entre 2,89 a 2,99. Hirsch *et al.* (2012) ao fazer a caracterização físico-química das variedades de amora-preta do sul do Brasil encontrou valores de pH na faixa entre 2,78 e 3,08. De acordo com a autora o resultado o apresentando era o esperado devido às características naturais de sabor ácido a doce-ácido.

Tabela 7 - Análises de pH da polpa de amora irradiada

Dose/ Tempo (kGy)	0 dias	7 dias	15 dias	30 dias	60 dias
0	2,91 ± 0,02	2,92 ± 0,02	2,91 ± 0,02	2,96 ± 0,00	2,89 ± 0,02
0,75	2,94 ± 0,01	2,92 ± 0,04	2,92 ± 0,02	2,99 ± 0,01	2,89 ± 0,00
1,5	2,95 ± 0,01	2,92 ± 0,01	2,92 ± 0,02	2,96 ± 0,01	2,89 ± 0,01
3,0	2,93 ± 0,02	2,94 ± 0,02	2,94 ± 0,01	2,96 ± 0,01	2,92 ± 0,01

Médias \pm desvio padrão

Aos 60 dias de armazenamento observa-se uma pequena diminuição no pH quando comparados aos outros tempos analisados. O que pode estar relacionado ao desenvolvimento de microrganismo.

Não houve diferença significativa na acidez (Tabela 8) entre o controle e os tempos 0, 7, 15 e 30 dias. Porém aos 60 dias de armazenamento diferiu estatisticamente dos demais

tratamentos. Os valores de acidez variaram de 1,53 a 1,73. Enquanto Hirsch *et al.* (2012) verificou em seu trabalho que a acidez titulável da amora variou 1,30% a 1,58% de ácido cítrico. De acordo com Mota (2006) essa diferença na acidez dos frutos está associada ao local onde fruto foi cultivado e com clima distinto.

Tabela 8 - Análise da acidez em ácido cítrico ($\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$) da polpa de amora

Dose/ Tempo	0 dias	7 dias	15 dias	30 dias	60 dias
0	1,57±0,00 ^A	1,70±0,07 ^A	1,58±0,01 ^A	1,60±0,03 ^A	1,62±0,01 ^C
0,75 kGy	1,67±0,01 ^A	1,66±0,01 ^A	1,67±0,07 ^A	1,63±0,00 ^A	1,71±0,11 ^{AB}
1,5 kGy	1,59±0,01 ^A	1,67±0,02 ^A	1,64±0,05 ^A	1,62±0,02 ^A	1,73±0,17 ^A
3,0 kGy	1,53±0,03 ^A	1,63±0,03 ^A	1,63±0,00 ^A	1,63±0,02 ^A	1,66±0,08 ^{BC}

Médias \pm desvio padrão - Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Não foi identificada alteração no teor de sólidos solúveis da polpa irradiada durante o armazenamento (Tabela 9). Esse resultado também foi verificado por Zhao *et al.* (1996) em trabalho realizado com mamão e por Domarco *et al.* (1996) no trabalho com uva Itália, no qual relatam que a radiação gama não exerceu efeito significativo no teor de sólidos solúveis das frutas irradiadas.

Tabela 9- Análise sólidos solúveis ($^{\circ}\text{BRIX}$) da polpa de amora irradiada

Dose/ Tempo	0 dias	7 dias	15 dias	30 dias	60 dias
0	8,0±0,00 ^{Aa}	7,5±0,00 ^{Bb}	8,0±0,00 ^{Aa}	7,5±0,00 ^{Bb}	7,0±0,00 ^{BC}
0,75 kGy	8,0±0,00 ^{Aa}				
1,5 kGy	8,0±0,00 ^{Aa}				
3,0 kGy	8,0±0,00 ^{Aa}				

Efeito da dose – Médias \pm desvio padrão seguidas por letra maiúscula iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade. Efeito do tempo de armazenamento – Médias \pm desvio padrão seguidas por letra minúscula iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

A Avaliação realizada ao sétimo dia de armazenamento constatou que os tratamentos que receberam irradiação se comportaram de maneira diferente do controle, pois o mesmo apresentou a partir da terceira semana uma redução no teor de sólidos solúveis de 8,0 para 7,0 $^{\circ}$ Brix.

Na Tabela 10 encontra-se a análise de sólidos totais da polpa de amora. Observou-se através da avaliação feita que ocorreram pequenas oscilações nos valores dos sólidos totais da polpa irradiada ao longo do armazenamento.

Tabela 10 - Análise sólidos totais (g.100g⁻¹) da polpa de amora irradiada

Dose/ Tempo	0 dias	7 dias	15 dias	30 dias	60 dias
0	8,35±0,20 ^{Ba}	7,86±0,12 ^{Aa}	8,11±0,09 ^{ABa}	8,58±0,10 ^{Ca}	8,52±0,10 ^{BCa}
0,75 kGy	8,30±0,05 ^{Aa}	8,28±0,09 ^{Aa}	8,40±0,27 ^{Aa}	8,57±0,11 ^{Aa}	8,26±0,20 ^{Aa}
1,5 kGy	7,96±0,06 ^{Aa}	8,35±0,17 ^{Aa}	8,07±0,08 ^{ABa}	8,53±0,14 ^{Aa}	8,21±0,75 ^{Aa}
3,0 kGy	8,48±0,30 ^{Ba}	8,07±0,16 ^{ABa}	7,52±0,07 ^{Aa}	8,68±0,03 ^{Ba}	7,48±0,11 ^{Aa}

Efeito da dose – Médias ± desvio padrão seguidas por letra maiúscula iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade. Efeito do tempo de armazenamento - Médias seguidas por letra minúscula iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

De acordo com os resultados referentes à análise de sólidos solúveis totais, sólidos solúveis e acidez, pode constata-se que não houve interferência da radiação gama nos parâmetros físico-químicos da polpa de amora. Neves *et al.* (2002) mencionou em seu trabalho que a irradiação em frutos e hortaliça não ocasionou nenhuma toxidez e praticamente mantêm o mesmo valor nutritivo que os processados por outros métodos.

6.5- Caracterizações físico-químicas da polpa de amora pasteurizada

Os resultados apresentado na Tabela 11 expressam a caracterização físico-química da polpa de amora pasteurizada e não pasteurizada. Os valores encontrados na análise de acidez em ácido cítrico da polpa pasteurizada variam entre 1,52 a 1,61 g.100g⁻¹ ácido cítrico. Enquanto a polpa de amora não pasteurizada 1,59 a 1,71 g.100g⁻¹ ácido cítrico.

Mota (2006) relatou em seu estudo valores de acidez de 1,33 g.100g⁻¹ (em ácido cítrico) para a cultivar Tupy produzida na cidade de Poços de Caldas/MG/Brasil. No entanto, no estudo realizado por Jacques (2009) encontrou-se 0,11 g.100g⁻¹ de acidez (em ácido cítrico) para a mesma cultivar, porém cultivada em Pelotas/RS/Brasil. Isso demonstrada a grande variabilidade no conteúdo de acidez que ocorre em frutos cultivados em locais diferente e com climas distintos.

Tabela 11- Análises físico-química da polpa de amora pasteurizada (PAP) e não pasteurizada (PANP)

TRATAMENTO	pH	ACIDEZ EM CÍTRICO (g.100g ⁻¹)	SÓLIDOS TOTAIS (g.100g ⁻¹)	SÓLIDOS SOLÚVEIS (°BRIX)
PAP0	3,00 ±0,02	1,56±0,01 ^{BC}	8,21±0,16 ^{AB}	8,0±0,00 ^A
PANP0	2,94 ± 0,01	1,59±0,01 ^{ABC}	8,17±0,12 ^{AB}	8,0±0,00 ^A
PAP7	2,96 ± 0,01	1,56±0,01 ^{BC}	8,67±0,23 ^A	8,0±0,00 ^A
PANP7	2,94± 0,01	1,60±0,02 ^{ABC}	7,98±0,28 ^{AB}	7,5±0,00 ^B
PAP15	2,91 ±0,03	1,52±0,07 ^C	8,28±0,13 ^{AB}	8,0±0,00 ^A
PANP15	2,90±0,02	1,63±0,03 ^{ABC}	7,56±0,07 ^{AB}	7,0±0,00 ^C
PAP30	2,94 ±0,01	1,59±0,00 ^{ABC}	8,54±0,12 ^A	8,0±0,00 ^A
PANP30	2,94±0,01	1,70±0,01 ^A	8,07±0,30 ^{AB}	7,5±0,00 ^B
PAP60	2,96 ±0,02	1,61±0,01 ^{ABC}	8,30±0,27 ^{AB}	8,0±0,00 ^A
PANP60	2,95±0,02	1,68± 0,00 ^{ABC}	7,31±0,15 ^B	6,0±0,00 ^D

Médias ± desvio padrão – Pasteurizada e Não Pasteurizada como mesmo tempo de armazenamento seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Esse é um parâmetro importante na apreciação do estado de conservação de um produto alimentício, pois nos alimentos encontram-se ácidos orgânicos presentes que podem influenciar no sabor, odor, cor estabilidade e manutenção da qualidade (CECCHI, 2003). Geralmente, quando um alimento inicia o processo de decomposição seja por hidrólise, oxidação ou fermentação quase sempre provoca uma alteração dos íons de hidrogênio e dessa forma provoca alteração na acidez.

Observa-se que ocorreu um ligeiro aumento na acidez total na polpa não pasteurizada durante o tempo de armazenamento, isso pode ter acontecido devido ao crescimento de microrganismos aeróbios psicrotóxicos, bolores e leveduras que pode ser comprovada através da análise microbiológica, justificando esse o aumento na acidez total.

Em relação ao teor de sólidos totais observou-se que a polpa de amora pasteurizada se manteve constante durante os 60 dias de avaliação. Enquanto a não pasteurizada apresentou pequenas diferenças ao longo do armazenamento em relação à polpa pasteurizada.

Na Tabela 11 estão os resultados de pH da polpa de amora pasteurizada, o mesmo variou entre 2,90 a 3,00. De acordo com Hirsch (2011) ao avaliar as características físico-química da amora em seu trabalho, encontrou pH entre 2,8 e 3,01. De acordo com Santos, Coelho e Carreiro (2008) o baixo valor do pH encontrado pode ser um fator limitante para o crescimento de bactérias patogênicas. Outro fator que pode ter contribuído para este resultado foram as condições higiênico-sanitárias no qual a polpa foi processada, além da refrigeração da polpa após o tratamento térmico.

O sólido solúvel presente na polpa pasteurizada se manteve quase que inalterados durante todo o período de armazenamento. Enquanto que a não pasteurizada apresentou uma diminuição de sólidos totais durante o período de armazenamento.

De acordo com Lima *et al.* (2012) em sua pesquisa sobre a estabilidade da polpa de acerola pasteurizada e não pasteurizada constatou-se que as polpas pasteurizadas e não-pasteurizadas apresentaram, respectivamente, aumento de 2% e decréscimo de 1% no conteúdo de sólidos solúveis durante 360 dias de armazenamento.

Na análise de antocianinas (TABELA 12), observa-se que na grande parte dos tempos analisados a polpa de amora não pasteurizada apresentou valores superiores à pasteurizada. Embora estatisticamente em alguns casos a polpa pasteurizada e não pasteurizada não apresentaram diferença estatística significativa.

Num estudo sobre os aspectos quantitativos da degradação de antocianinas em morango Markakis, Livingston e Fellers (1957) observaram que a reação hidrolítica responsável pela degradação do pigmento apresentou relação direta com a temperatura de estocagem. Daí a necessidade de utilizar a menor temperatura possível em todas as etapas de processamento e armazenamento. Quanto ao uso do calor, verificou-se que é necessária a temperatura para reduzir a carga microbiana do produto, porém os autores recomendam o uso de tratamento à alta temperatura por curto espaço de tempo como forma de garantir maior retenção do pigmento. Dessa forma, pode-se concluir que mesmo com curto espaço de tempo o aquecimento no qual a polpa foi submetido durante o processamento térmico pode ter provocado a degradação no teor de antocianinas. Segundo Lima *et al.* (2002), as antocianinas são pigmentos instáveis podendo se degradar durante o processamento e a estocagem. Esses pigmentos são influenciados pelo pH, temperatura, presença de oxigênio e enzimas, além da interação com outros componentes do alimento no qual se destacam: o ácido ascórbico, íons metálicos, açúcares e copigmentos (JACKMAN; SMITH, 1992; BOBBIO e BOBBIO, 1995).

Tabela 12 - Análises a da polpa de amora pasteurizada (PAP) e não pasteurizada (PANP).

TRATAMENTO	ANTOCIANINAS (mg.100g ⁻¹)	ATIVIDADE ANTIOXIDANTE (μmol.g ⁻¹)
PAP0	29,79±0,43 ^A	18,52±0,37 ^A
PANP0	29,14±1,53 ^A	15,44±0,28 ^B
PAP7	25,84±0,19 ^A	16,53±0,35 ^A
PANP7	30,06±1,11 ^B	16,03±0,58 ^A
PAP15	31,21±0,12 ^A	17,08±0,48 ^A
PANP15	32,78±2,68 ^A	16,97±0,72 ^A
PAP30	25,71±1,03 ^A	16,35±0,20 ^A
PANP30	26,14±0,37 ^A	16,21±0,33 ^A
PAP60	26,00±0,45 ^B	17,01±0,16 ^A
PANP60	20,32±1,54 ^A	17,85±0,30 ^A

Médias ± desvio padrão – Pasteurizada e Não Pasteurizada como mesmo tempo de armazenamento seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Na análise de atividade antioxidante da polpa de amora pasteurizada e não pasteurizada foi possível verificar que houve diferença estatística significativa no tempo 0 dia. Nos demais tempos de avaliação não se observou diferenças significativas entre polpa pasteurizada e não pasteurizada. Assim como descrito por Araújo *et al.* (2009), o fato da polpa de amora ter ficado sobre refrigeração pode ter impedido que os compostos da polpa não pasteurizada fossem altamente degradados, permitindo a manutenção da estabilidade do potencial antioxidante.

6.6 – Análises de cor

Na tabela 13, tem-se a avaliação de cor realizada na polpa de amora irradiada. Analisou-se o valor de *L, a*,b* e ΔE, durante os 60 dias de armazenamento.

Tabela 13 - Análise de cor da polpa de amora irradiada

*L					
Dose/ Tempo	0 dias	7 dias	15 dias	30 dias	60 dias
0	18,73 ^{AB}	18,32 ^A	19,27 ^A	17,15 ^B	15,70 ^C
0,75 kGy	20,51 ^A	18,96 ^A	19,84 ^A	18,97 ^A	17,80 ^A
1,5 kGy	17,71 ^B	18,68 ^A	17,29 ^A	18,17 ^{AB}	17,92 ^A
3,0 kGy	19,44 ^{AB}	15,75 ^B	18,88 ^B	18,75 ^B	16,77 ^B
a*					
Dose/ Tempo	0 dias	7 dias	15 dias	30 dias	60 dias
0	21,56 ^A	21,78 ^A	21,64 ^A	22,43 ^A	19,01 ^B
0,75 kGy	22,93 ^A	22,43 ^A	23,55 ^A	20,27 ^A	21,46 ^A
1,5 kGy	19,25 ^B	22,68 ^A	21,44 ^A	22,00 ^A	20,62 ^A
3,0 kGy	21,67 ^A	19,38 ^B	17,70 ^B	22,06 ^A	19,30 ^B
b*					
Dose/ Tempo	0 dias	7 dias	15 dias	30 dias	60 dias
0	-2,56 ^{AB}	-1,74 ^A	-0,80 ^A	-2,24 ^A	-3,80 ^C
0,75 kGy	-2,28 ^A	-1,30 ^A	-0,75 ^A	-1,65 ^A	-2,20 ^A
1,5 kGy	-4,55 ^B	-1,28 ^A	-4,66 ^C	-2,11 ^A	-2,38 ^A
3,0 kGy	-2,39 ^A	-3,44 ^B	-2,50 ^B	-2,02 ^A	-3,20 ^B
ΔE					
Dose/ Tempo	0 dias	7 dias	15 dias	30 dias	60 dias
0	28,68 ^{AB}	28,51 ^B	29,04 ^B	28,34 ^A	24,95 ^B
0,75 kGy	30,86 ^A	29,40 ^B	30,81 ^B	27,86 ^A	27,97 ^A
1,5 kGy	26,57 ^B	29,41 ^B	25,19 ^A	28,61 ^A	27,43 ^A
3,0 kGy	29,23 ^A	25,21 ^A	28,68 ^B	29,03 ^A	25,77 ^B

Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Ao analisar estes dados, pode-se constatar que o valor de a* foi positivo a polpa de amora apresentou uma cor é vermelha e o valor de b* durante todos os tempos analisados tendeu para a coloração azul.

De acordo com Hirsch *et al.* (2012) ao avaliar a cor de frutos de amora constatou-se que a luminosidade (L*) diminui com o amadurecimento das frutas da amoreira-preta, indicando que a cor fica mais intensa ou escura. O aparecimento da cor púrpura pode estar relacionado, também, com a grande quantidade de compostos fenólicos presentes na amoreira-preta.

De acordo Lopez *et al.* (2000), naturalmente as antocianinas são diretamente influenciada pela substituição dos grupos hidroxila e metoxila na molécula. Com o incrementos no número de grupos hidroxila tendem a tornar a coloração azulada.

Os resultados apresentados na Tabela 14 expressam as análises de cor realizada na polpa de amora pasteurizada.

Tabela 14 - Análises de cor a da polpa de amora pasteurizada e não pasteurizada

TRATAMENTO	L*	A*	B*	ΔE
PAP0	23,61 ^A	28,27 ^A	4,95 ^A	37,17 ^A
PANP0	21,08 ^B	24,29 ^B	-0,26 ^B	32,20 ^B
PAP7	21,20 ^A	25,89 ^A	1,79 ^A	33,51 ^A
PANP7	17,97 ^B	21,33 ^B	-1,93 ^B	27,96 ^B
PAP15	23,71 ^A	25,52 ^A	2,95 ^A	35,03 ^A
PANP15	17,94 ^A	19,02 ^B	-4,44 ^B	26,54 ^B
PAP30	21,87 ^A	25,82 ^A	2,17 ^A	33,91 ^A
PANP30	17,47 ^B	18,70 ^B	-3,86 ^B	25,91 ^B
PAP60	21,13 ^A	25,23 ^A	1,62 ^A	32,96 ^A
PANP60	19,69 ^A	22,89 ^B	-0,93 ^B	27,96 ^B

Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

A partir dos valores encontrados para L* e a* pode-se comprovar que o material analisado possui a coloração vermelha intensa. Já a coordenada b* apresentou valores positivos. Então, isso significa que a coloração da polpa pasteurizada apresenta tons de amarelo. Já a polpa que não foi tratada termicamente em todos os tempos analisados apresentaram valores negativos, isso significa que a coloração preponderante foi o azul.

De acordo com estudo feito por Lopes *et al.* (2007), em relação à estabilidade da antocianina, a mesma se encontram comumente na forma de uma mistura de diferentes estruturas químicas em equilíbrio: cátion *flavilium* (vermelho), base anidra quinoidal (azul), pseudo-base carbitol (incolor), e chalcona (incolor ou levemente amarela). Com o pH abaixo de 2, as antocianinas apresentam-se basicamente na forma catiônica. Com o aumento do pH, ocorre uma rápida desprotonação para formar a base quinoidal. Em meio aquoso a hidratação do cátion *flavilium* leva ao equilíbrio entre a forma carbitol e chalcona. De acordo com Heredia *et al.* (1998), o aumento da temperatura desloca o equilíbrio na direção da formação da base chalcona, isso que pode ter acontecido no caso da pasteurizada formação pigmento amarelado.

Na diferença total de cor (ΔE) verifica-se através da pela análise de variância, que houve uma diminuição significativa. Observa-se que a polpa não pasteurizada apresentou médias inferiores a pasteurizada ao longo do armazenamento.

7- CONCLUSÃO

Pode-se concluir que o tratamento de 1,5 kGy foi o que apresentou a menor contagem de microrganismo e garantiu a qualidade microbiológica por mais tempo, ou seja, 60 dias de armazenamento sob refrigeração. Além disso, manteve-se apta ao consumo e em conformidade com que determina a legislação brasileira vigente. Não foi verificada interferência da irradiação gama nos parâmetros físico-químicos durante o tempo analisado. Porém, o armazenamento foi responsável pelas diferenças observadas nos parâmetros avaliados.

Em relação à polpa pasteurizada observou-se que a carga microbiana permaneceu praticamente inalterada durante todo o período de armazenamento. Os resultados mostraram ainda que o binômio tempo/temperatura utilizado na pasteurização foi eficiente para a estabilidade microbiológica da polpa durante o período de armazenamento estudado. Foi observado que durante todo o período de armazenamento os parâmetros acidez, pH, teor de sólidos solúveis e teor de sólidos totais permaneceu sem grandes modificações quando comparado a polpa não pasteurizada.

Então, através dos dados avaliados constatou-se que a irradiação gama é um método que apresenta um bom potencial para conservação de alimento, uma vez que as alterações químicas observadas durante tempo analisado não diferiu do tratamento térmico. Com relação aos objetivos deste estudo, a irradiação possibilitou um prolongamento na vida de prateleira da polpa. Dessa forma essa tecnologia mostrou-se como bom potencial para conservação surgindo como resposta à necessidade de produtos seguros, pois é capaz de reduzir a carga microbiana sem comprometer a qualidade do produto.

8- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALOTHMAN, M.; BHAT, R.; KARIM, A. A.; Effects of radiation processing on phytochemicals and antioxidants in plant produce. **Trends in Food Science and Technology**, v. 20, p. 201–212, 2009.
- AMSON, G. V.; HARACEMIV, S. M. C.; MASSON, M. L. Levantamento de dados epidemiológicos relativos à ocorrências/surtos de doenças transmitidas por alimentos no Estado do Paraná-Brasil, no período de 1978 a 2000. **Revista Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 30, n. 6, p. 1139-1145, nov./dez., 2006.
- ANDERSEN, O. M.; JORDHEIM, M. The anthocyanins. In O. M. Andersen & K. R. Markham (Eds.), **Flavonoids: Chemistry, biochemistry and applications**, Boca Raton, FL: CRC, p. 452–471, 2006.
- ANTUNES, L. E. C. Amora-preta: Nova opção de cultivo no Brasil. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.1, p.151-158, 2002.
- ANTUNES, L. E. C.; GONÇALVES, E. D.; TREVISAN, R. Alterações da atividade da poligalacturonase e pectinametilesterase em amora-preta (*rubus* spp.) durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 1, p. 63-66, 2006.
- ANTUNES, L. E. C.; GONÇALVES, E. D.; TREVISAN, R. Fenologia e produção de cultivares de amoreira-preta em sistema agroecológico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n.9, Set. 2010.
- ANTUNES, L. E. C.; RASEIRA, M.C.B. **Aspectos técnicos da cultura da amora-preta**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, p. 54, 2004.
- ANTUNES, L. E. C.; REGINA, M. A.; DUARTE FILHO, J. **A cultura da amora-preta**. Belo Horizonte: EPAMIG, p. 28, 2002.
- AOAC. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 16. ed. Gaithersburg: Patricia Cunniff (Ed.), 1997.
- APHA. American Public Health Association – **Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods**. 4^a edição. Washington DC:APHA, 2001.
- ARAÚJO, P. F.; RODRIGUES, R. S.; MACHADO, A. R.; SANTOS, V. S.; SILVA, J. A. Estabilidade de antocianinas e ácido ascórbico em néctar de amora-preta (*Rubus* spp.) submetido a armazenamento congelado. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 27, n. 2, p. 199-206, jul./dez. 2009.
- AUGUSTA, I. M.; RESENDE, J. M.; BORGES, S. V.; MAIA, M. C. A., COUTO, M. A. P. G. Caracterização física e química da casca e polpa de jambo vermelho (*Syzygium malaccensis*, (L.) Merryl & Perry). **Ciência Tecnologia Alimentos**, Campinas, v.30, n. 4, p. 928-932, out./dez. 2010.

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

BOWEN-FORBES, C. S.; ZHANG, Y.; NAIR, M. G. Anthocyanin content, antioxidant, anti-inflammatory and anticancer properties of blackberry and raspberry fruits. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 23, n. 6, p. 554-560, Mar. 2010.

BRASIL, ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Regulamento Técnico para Irradiação de Alimentos. **Resolução RDC nº 21**, de 26 de janeiro de 2001, Brasília, 2001.

BRASIL. **Decreto nº 72.718 de 29 de agosto de 1973** . Estabelece normas gerais sobre irradiação de alimentos. Diário Oficial , 30/08/1973.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Leis, Decretos, etc. **Instrução Normativa NQ 1**, de 7 de Janeiro de 2000. Regulamento técnico geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de frutas. Diário Oficial da União, NQ 6, Brasília, 10 de Janeiro de 2000. Seção 1, p. 54-58, 2000.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Regulamento Técnico sobre os padrões microbiológicos para alimentos. **Resolução RDC n. 12**, de 02 de janeiro de 2001, Brasília, 2001.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Decreto-Lei nº 986, de 21 de outubro de 1969**. Institui normas básicas sobre alimentos. Brasília -DF, 1969.

BRASIL. Portaria MS nº 33, de 13 de janeiro de 1998. Ingestão Diária Recomendada (IDR) para proteínas, vitaminas e minerais. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 16 de janeiro de 1998.

BRAVO, L. Polyphenols, chemistry, Dietary Sources, metabolism and nutritional significance **Nutritional Reviews**, v.56, n. 11, p 317-333, 1998.

BOBBIO, F.O; BOBBIO, P. A. **Introdução à Química de Alimentos**. São Paulo, editora Varela, p. 238, 2003.

BUENO, S. M.; LOPES, M. R. V.; GRACIANO, R. A. S.; FERNANDES, E. C. B.; GARCIA-CRUZ, C. H. Avaliação da qualidade de Polpas de Frutas Congeladas. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 62, n. 2, p.121-126, 2002.

CAMPOS, D. D. P. **Extração, purificação e isolamento de antocianinas de jambolão e avaliação dos seus efeitos biológicos (*Syzygium cumini*)**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Química, Campinas, SP, 2006.

CAMPOS, A. J.; FUGITA, E.; MORAES, M. R.; NEVES, L. C.; VIEITES, R. L.; CHAGAS, E. A. Conservação de goiabas 'Pedro Sato' minimamente processadas e irradiadas. **Revista Agroambiente**, v. 5, n. 1, p. 66-74, jan./abr. 2011.

CARMO, G. M. I.; OLIVEIRA, A. A.; DIMECH, C. P.; SANTOS, D. A.; ALMEIDA, M. G., BERTO, L. H.; ALVES, R. M. S.; CARMO, E. H. Vigilância epidemiológica das doenças transmitidas por alimentos no Brasil, 1999-2004. **Boletim Eletrônico Epidemiológico**, v. 6, p. 1-7, 2005.

CARVALHO, C. **ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA 2010**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, p.129, 2010.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. Campinas, SP. Editora da UNICAMP. p. 211, 2003.

CHAGAS, E. A.; PIO, R.; BARBOSA, W.; DALL'ORTO, F. A. C.; MENDONÇA, V. **Amora-preta: a pequena fruta com elevado potencial de cultivo**. Disponível em: < http://www.infobibos.com/Artigos/2007_2/amora/index.htm > Acesso em 04 dez de 2012.

CHEYNIER, V. Polyphenols in foods are more complex than often thought. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 81, p. 223 -229, 2005.

CHIM, J. F. **Caracterização de compostos bioativos em amora-preta (Rubus sp.) e sua estabilidade no processo e armazenamento de geléias convencional e light**. 2008. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) – Faculdade de Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

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

CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear. Autorização para funcionamento de instalações de irradiação de Alimentos. **Norma Experimental**. CNEN- NE 6.03, Rio de Janeiro, 5p. Set., 1980.

COSTALUNGA, S.; TONDO, E. C. 2002. Salmonellosis in Rio Grande do Sul, 1997 to 1999. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 33, n.4, p.342-346, 2002.

DAIUTO, E. R.; VIEITES LOPES, R.; TREMOCOLDI, M. A.; CITADINI RUSSO, V. Taxa respiratória de abacate 'hass' submetido a diferentes tratamentos físicos. **Rev. Iber. Tecnología**, Postcosecha, v.10, n. 2, p.101-109, 2010.

DAO, L. T.; TAKEOKA, G. R.; EDWARDS, R. H.; et al. Improved method for the stabilization of anthocyanidins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.46, p. 3564-3569, 1998.

DEGÁSPARI, C. H.; WASZCZYNSKYJ, N. PROPRIEDADES ANTIOXIDANTES DE COMPOSTOS FENÓLICOS. **Visão Acadêmica**, Curitiba, v. 5, n. 1, p. 33-40, Jan./ Jun. 2004.

DELIZA, R; ROSENTHAL, A. Inovação e o consumidor. In: ROSENTHAL, A. (Ed.). **Tecnologia de alimentos e inovação: Tendências e perspectivas**. 1ª ed. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, Brasil, 2008.

DIEHL, J. F. Food irradiation-past, present, and future. **Radiation Physics and Chemistry**, v.63, p.211-215, 2002.

DIEHL, J. F. **Safety of irradiated foods**. New York: Marcel Dekker, p. 95-239, 1990.

DIMITRIUS, B. Sources of natural phenolic antioxidants. **Trends in Food Science e Technology**, v. 17, p. 505 - 512, 2006.

DOGAN-HALKMAN, H. B; ÇAKIR, I; KEVEN, F; WOROBO, R. W; HALKMAN, A. K. Relationship among fecal coliforms and *Escherichia coli* in various foods. **European Food Research Technology**, v. 216, p.331-334, 2003.

DOMARCO, R. E.; SPOTO, M. H. F.; BLUMER, L.; WALDER, J. M. M. Efeito sinérgico da dose de irradiação e aquecimento na vida de prateleira de uva cultivar Itália. In: Congresso Latinoamericano, 8., Y Nacional de horticultura, 6., 1996, Montevideo. **Resúmenes...**Montevideo: Color/Suh., p. 124, 1996.

DOMARCO, R. E.; SPOTO, M. H. F.; BLUMER, L.; WALDER, J. M. M. Sinergia da radiação ionizante e do aquecimento na vida-de-prateleira da uva “Itália”. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 981-986. Oct./Dec. 1999.

DUTRA, A. S.; FURTADO, A. A. L.; PACHECO, S.; OIANO NETO, J. Efeito do tratamento térmico na concentração de carotenóides, compostos fenólicos, ácido ascórbico e capacidade antioxidante do suco de tangerina murcote. **Braz. J. Food Technol.**, Campinas, v. 15, n. 3, p. 198-207, jul./set. 2012.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; SANTOS, A. M. Amoreira-preta, framboesa e mirtilo: pequenos frutos para o sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 13, 1994, Salvador. **Resumos...** Salvador: Sociedade Brasileira de Fruticultura, v. 3, p. 989-990, 1994.

FACHINELLO, J. C.; PASA, M. S.; SCHMTIZ, J. D.; BETEMPS, D. L. Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, volume especial, p.109-120, Outubro, 2011.

FAN-CHIANG, H.; WROLSTAD, R. E. Anthocyanin pigment composition of blackberries. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 70, p. 198-202, 2005.

FAN, X; NIEMIRA, B. A; PRAKASH, A. Irradiation of Fresh Fruits and Vegetables. **Food Technology**. v. 62, n. 3, p. 36 - 43, 2008.

FARAONI, A. S. **Efeito do tratamento térmico, do congelamento e da embalagem sobre o armazenamento da polpa de manga orgânica (*Mangifera indica* L) cv. ‘Ubá’** (p.117) Dissertação de Mestrado, Viçosa: Brasil, Universidade Federal de Viçosa, 2006.

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

FARKAS, J.; MOHÁCSI-FARKAS, C. History and future of food irradiation. **Trends in food Science e Technology**, V. 22, n. 2–3, p. 121-126, Mar. 2011.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos: Princípios e Prática**. 2 ed. Porto Alegre: Artmed, p. 602, 2006.

FENG, P. *Escherichia coli* Serotype O157:H7: Novel Vehicles of Infection and Emergence of Phenotypic Variants. **Emerging Infectious Diseases**. v. 1, n. 2, April/June 1995.

FERREIRA, D. S.; ROSSO, V. V.; MERCADANTE, A. Z. Compostos bioativos presentes em amora-preta (*Rubus* spp.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 3, p. 664-674, Setembro, 2010.

FORSYTHE, S. J. **Microbiologia da segurança alimentar**. Porto Alegre: Artmed. p. 424, 2002.

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. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 28, n. 3, p. 614-619, jul./set. 2008.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos Alimentos**. 1ª ed., Atheneu. p.182, 1996.

FREIRE-JUNIOR, M.; VITAL, H. C. Métodos Alternativos na Conservação de Alimentos. In: MENDONÇA; R. C. S.; SILVA, K. C. B.; MOURA, K. O. A. (Org.). **Microbiologia de Alimentos: qualidade e segurança na produção e consumo**. 1 ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, p. 01-209, 2003.

FURTADO, A. A. L.; VITALI, A. A.; ROSENTHAL, A. A irradiação de alimentos. In: ROSENTHAL, A. (Ed.). **Processos térmicos**. 1ª ed. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, Brasil, 2008.

GAVA, A. J.; SILVA, C. A. B.; FRIAS, J. R. G. **Princípios de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Nobel, p. 512, 2008.

GONÇALVES, M. P. J. C.; BOTREL, D. A.; SOARES, N. F. F.; STRINGHETA, P. C. Irradiação gama como alternativa de conservação de polpa de acerola. **Alimentação e Nutrição**. Araraquara. v.17, n.2, p.159-163, abr./jun. 2006.

HAGER, T.; HOWARD, L.R.; PRIOR, R.L. Processing and storage effects on monomeric anthocyanins, percent polymeric color, and antioxidant capacity of processed blackberry products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.56, p. 689-695, 2008.

HASSIMOTTO, N.M.A.; GOMEZ, M.L.P.A.; MOTA, R.V.; CORDENUNSI, B.R.; LAJOLO, F.M. **Compostos antioxidantes da amora-preta (*Rubus* sp.)**. In: XIX Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos: estratégia para o desenvolvimento. Recife: Anais (cd-rom) XIX CBCTA, n, 424. 2004.

HAMINIUK, C. W. I. **Estudo do comportamento reológico e colorimétrico de misturas ternárias e sistemas pécticos de polpas de morango, amora-preta e framboesa** (pp.147). Tese de Doutorado. Paraná, Brasil: Universidade Federal do Paraná, 2007.

HEREDIA, F. J.; FRANCA-ARICHA, E. M.; RIVAS-GONZALO, J. C., et al. Chromatic characterization of anthocyanins from red grapes-I. PH effect, **Food Chemistry**, v.63, n.4, p.491-498, 1998.

HIRSCH, G. E. **Valor nutricional e capacidade antioxidante de diferentes genótipos de amora-preta (*Rubus* sp.)**. (pp. 100) Dissertação de mestrado, Santa Maria: Brasil, Universidade Federal de Santa Maria, 2011.

HIRSCH, G. E.; FACCO, E. M. P.; RODRIGUES, D. B.; VIZZOTTO, M.; EMANUELLI, T. Caracterização físico-química de variedades de amora-preta da região sul do Brasil. **Ciência Rural**, v.42, n.5, mai. 2012.

HOLLMAN, P. C. H; KATAN, M. B. Dietary flavonoids: intake, health effects and bioavailability. **Food Chemistry Toxicological**, v. 37, n. 9/10, p. 937-9342, 1999.

INTERNATIONAL STANDARD ISO 2173:1978 (E) **Fruit and vegetable products. Determination of soluble solids content - Refractometric method.** Primeira edição.

JACKMAN, R.L.; YADA, R.Y.; TUNG, M. A.; SPEERS, R.A., Anthocyanins as food colorants. - A Review. **Journal of Food Biochemistry**. v.11, p. 201-247, 1987.

JACKMAN, R. L.; SMITH, J. L. Anthocyanins and betalains. In: HENDRY, G. A. F.; HOUGHTON, J. D. **Natural food colorants**. New York-USA: AVI, 1992.

JACQUES, A. C.; PERTUZATTI, P. B.; BARCIA, M. T.; ZAMBIAZI, R. C. CHIM, J. F. Estabilidade de Compostos Bioativos em Polpa Congelada de Amora-Preta (*Rubus fruticosus*) cv.tupy. **Química Nova**, Vol. 33, n. 8, p.1720-1725, 2010.

JACQUES, A. C.; PERTUZATTI, P. B.; BARCIA, M. T.; ZAMBIAZI, R. C. Doce em massa de amora preta (*Rubus spp*): análise sensorial e de fitoquímicos. **Revista Alimentação e Nutrição, Araraquara**. v.20, n.4, p. 625-631, out./dez. 2009.

JACQUES, A. C.; ZAMBIAZI, R. C. Fitoquímicos em amora-preta (*Rubus spp*) Semina: **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 245-260, jan./mar. 2011.

JAY, J. M. **Microbiologia de alimentos**. 6 ed. São Paulo: Artmed, p. 712, 2005.

KONG, J. M.; CHIA, L. S.; GOH, N. K; CHIA, T. F; BROUILLARD, R. Corrigendum to "Analysis and biological activities of anthocyanins". **Phytochemistry**, v.64, p. 923-93, 2003.

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

LAMEIRO, M.; MACHADO, M. I.; HELBIG, E.; ZAMBIAZI, R. Característica físico-química das polpas de amora-preta (*Rubus spp.*) e de Mirtilo (*Vaccinium Ashei* Reade). In: XIII ENPOS, **Anais do...**, São Paulo, 2011.

LEE, J.; RENNAKER, C.; WROLSTAD, R. E. Correlation of two anthocyanin quantification method: HPLC and spectrophotometric methods. **Food Chemistry**, v.110, p.782-786, 2008.

LI, H. et al. Polyphenolic compounds and antioxidant properties of selected China wines. **Food Chemistry**, v. 112, p. 454-460, 2009.

LIMA, A. L. S., LIMA, K. S. C; COELHO, M. J; SILVA, J. M; GODOY, R. L. O; PACHECO, S. Avaliação dos Efeitos da Radiação Gama nos Teores de Carotenóides, Ácido Ascórbico e Açúcares do Fruto Buriti do Brejo (*Mauritia flexuosa* L.) **Acta Amazonica**. v. 39, p. 649 – 654, 2009.

LIMA, R. M. T.; FIGUEIREDO, R. W.; MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M.; FIGUEIREDO, E. A. T.; RODRIGUES, C. S. Estabilidade química, físico-química e microbiológica de

polpas de acerola pasteurizadas e não-pasteurizadas de cultivo orgânico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.2, p.367-373, fev. 2012.

LIMA, V. L. A.; GUERRA, N. B. Antocianinas: atividade antioxidante e biodisponibilidade. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.37, p. 121-128, 2003.

LOPES, T. J.; XAVIER, M. F.; QUADRI, M. G. N.; QUADRI, M. B. antocianinas: uma breve revisão das características estruturais e da estabilidade. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v.13, n.3, p. 291-297, 2007.

LÓPEZ, O. P.; JIMÉNEZ A. R.; VARGAS, F. D.; et al. Natural pigments: carotenoids, anthocyanins, and betalains – characteristics, biosynthesis, processing, and stability, *Critical Reviews Food Science Nutrition*, v.40, n.3, p.173-289, 2000.

LUIZ, L. M. P. **Avaliação do processo de irradiação através da utilização do ⁶⁰Co para controle da qualidade sanitária de alimentos.** (pp.121) Dissertação de mestrado, Curitiba: Brasil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2008.

MAAS, J. L.; GALLETTA, G. J.; STONER, G. D. Ellagic acid, an anticarcinogen in fruits, especially in strawberry: a review. **HortScience**, Alexandria, v. 26, p. 10-14. 1991.

MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M.; LIMA, A. S. **Processamento de sucos de fruta tropicais.** Fortaleza: Edições UFC, p. 320, 2007.

MANACH, C. et al. Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans. I. Review of 97 bioavailability studies 1–3. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 81, p. 230S–242S, 2005.

MARINOVA, D.; RIBAROVA, F. HPLC determination of carotenoids in Bulgarian berries. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 20, n. 5, p. 370 – 374, 2007.

MARKAKIS, P.; LIVINGSTON, G. E.; FELLERS, C. R. Quantitative aspects of strawberry pigment degradation. **Food Research**, v. 22, p. 117-130, 1957.

MAZZA, G. Bioactivity, Absorption and metabolism of anthocyanins. **Anais do Proc. 1st Is on Hum Health effects of & V.** Ed.: Y. Desjardins, Acta Horticultural, p. 744, 2006.

MINOLTA. **Precise color communication: color control from feeling to instrumentation.** Japão, p. 49, 1994.

MONTEIRO, S. Vencendo o tempo. **Revista Frutas e derivados**, n. 1, p. 32-36, 2006.

MOORE, J. N. Blackberry breeding. **HortScience Alexandria**. v.19, n.2, p. 183-185. 1984.

MORENO-ALVAREZ, M. J.; MATOS, A. V.; LÓPEZ, E.; BELÉN, D. Estabilidade de antocianinas em jugos pasteurizados de mora (*Rubus glaucus* Benth). **ALAN**, Caracas, v.52, n. 2, 2002.

MOTA, R. V. Caracterização do suco de amora-preta elaborado em extrator caseiro. **Ciência Tecnologia Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 303-308, 2006.

MULDER, M. **Basic Principles of Membrane Technology**. Netherlands. 2nd Editions. Kluwer Academic Publishers, 1991.

MÜRMAN, L., SANTOS, M. C., LONGARAY, S. M., BOTH, J. M. C.; CARDOSO, M. Quantification and molecular characterization of *Salmonella* isolated from food samples involved in salmonellosis outbreaks in Rio Grande do Sul, Brazil. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 39, p. 529-534, 2008.

NACHTIGALL, A. M.; SOUZA, E. L.; MALGARIM, M. B.; ZAMBIAZI, R. C. Geléias Light de Amora-Preta. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, v.22, n.2, p.337-354, 2004.

NACZK, M.; SHAHIDI, F. Extraction and analysis of phenolics in food. **Journal of Chromatography A**, p. 95-111, 2004.

NEVES, L. C.; MANZIONE, R. L.; VIEITES, R. L. Radiação gama na conservação pós-colheita da nectarina (*Prunus persica* var. *Nucipersica*) frigoconservada. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, v.24, n.3, Dec. 2002.

NOTERMANS, S.; HOOGENBOOM-VERDEGAAL, A. H. Existing and emerging foodborne diseases. **International Journal of Food Microbiology**, v. 15, n. 3-4, p. 197-205, 1992.

NÚÑEZ-SELLÉS, A. J. Antioxidant Therapy: Myth or Reality?. **J. Braz. Chem. Soc.**, v. 16, n. 4, p. 699-610, 2005.

OLIVEIRA, A. C. G.; ZANÃO, C. F. P.; ANICETO, A. P. P.; SPOTO, M. H. F.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G.; WALDER, J. M. M. Conservação pós-colheita de goiaba branca Kumagai por irradiação gama: aspectos físicos, químicos e sensoriais **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 24, n. 2, p. 375-396, jul./dez. 2006.

ORDONEZ, J. A. **Tecnologia de Alimentos: Componentes dos Alimentos e Processos**. v. 1, Porto Alegre: Artmed, 2005.

ORNELLAS, C. B. D.; GONÇALVES, M. P. J.; SILVA, P. R.; MARTINS, R. T. Atitude do consumidor frente à irradiação de alimentos. **Ciência Tecnologia de Alimentos**. n. 1, v. 26, Campinas Jan./Mar. 2006.

PAGOT, E. **Cultivo de pequenas frutas: amora-preta, framboesa e mirtilo**. Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, p. 41, 2006.

PENTEADO, A.L. **As condições adversas na contaminação de frutas**. Disponível em :<<http://agricultura.gov.br/sarc/profuta/html/analises7.htm>> Acesso em 04 dez de 2012.

PEREIRA, M. A. S. **Estudo da Ação da radiação gama de ⁶⁰Co sobre *Salmonella poona*, *Escherichia coli* e *Acidoterrestris* em Polpa de Manga Congelada**. (pp. 93) Tese de

Doutorado, São Paulo: Brasil, Instituto de pesquisas Energética e Nucleares, Autarquia associada à Universidade de São Paulo, 2009.

POLING, E. B. Blackberries. **Journal of Small Fruit and Viticulture**, Binghamton, v.14, n.2, p.38-69, 1996.

POLIZEL, G. G. **O uso da radiação no controle microbiológico dos alimentos de origem animal**. (pp. 38) monografia de especialização lato sensu em higiene e inspeção de produtos de origem animal e vigilância sanitária em alimentos, São Paulo: Brasil, universidade castelo branco, 2006.

RAGHUBEER, E. V.; KE, J. S.; CAMPBELL, M. L.; MEYER, R.S. Fate of Escherichia coli O157:H7 and other coliforms in commercial mayonnaise and refrigerated salad dressing. **Journal of Food Protection**., Des Moines, v.58, n.1, p. 13-18. 1995.

RATNAM, D.; ANKOLA, D.; BHARDWAJ, V.; SAHANA, D.; KUMAR, M. Role of antioxidants in prophylaxis and therapy: A pharmaceutical perspective. **J. Control Release**. v. 113, n. 2, p. 189-207, 2006.

RAWSON, A.; PATRAS, A.; TIWARI, B. K.; NOCI, F.; KOUTCHMA, T.; BRUNTON, N. Effect of thermal and non thermal processing technologies on the bioactive content of exotic fruits and their products: Review of recent advances. **Food Research International**. v. 44, p. 1875–1887, 2011.

REIN, M. **Copigmentation reactions and color stability of berry anthocyanins**. Dissertação de Mestrado. (pp. 87), Helsinki, Universidade de Helsinki, 2005.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved abts radical cation decolorization assay **Free Radical Biology & Medicine**, v. 26, n. 9/10, p. 1231–1237, 1999.

RICE-EVANS, C. A.; MILLER, N. J.; PAGANGA, G. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 20, p. 933–956, 1996.

RHODES, M. J. C. **Physiologically-active compounds in plant foods: an overview** **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 55, p. 371-397, 1996.

RODRIGUES, K. L.; MOREIRA, A. N.; ALMEIDA, A. T. S.; CHIOCHETTA, D.; RODRIGUES, M. J.; BROD, C. S.; CARVALHAL, J. B.; ALEIXO, J. A. G. Intoxicação estafilocócica em restaurante institucional. **Ciência Rural**, v.34, p. 297-299, 2004.

ROSENTHAL, A.; DELIZA, R. A. Tecnologias emergentes de processamento de alimentos. In: Rosenthal, A. (Ed.). **Tecnologia de alimentos e inovação: Tendências e perspectivas**. 1ª ed. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, Brasil, 2008.

RUFINO, M. S. M; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PEREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. Metodologia Científica: Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical ABTS+. **Comunicado Técnico (Embrapa Agroindústria Tropical)**, 2007.

WANG, S. Y.; LIN, H. S. Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry, and strawberry varies with cultivar and developmental stage. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v. 48, p. 140-146, 2000.

WANG, S. Y.; MAAS, J. L.; PAYNE, J. A.; GALLET, G. J. Ellagic acid content in small fruits mayhaws, and other plants. **Journal Small Fruit and Viticulture**, Louisiana, v. 2, n. 4, p. 11-49, 1994.

WELKER, C. A. D.; BOTH, J. M. C.; LONGARAY, S. M.; HAAS, S.; SOEIRO, M. L. T.; RAMOS, R. C. Análise microbiológica dos alimentos envolvidos em surtos de doenças transmitidas por alimentos (DTA) ocorridos no estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira Biociências**, Porto Alegre, v. 8, n. 1, p. 44-48, jan./mar. 2010.

WOOD, O. B.; BRUHN, C. M. Position of the American dietetic association: Food irradiation. **Journal of the American Dietetic Association**. v.100, p. 246–253, 2000.

SANTOS, C. A. A.; COELHO, A. F. S.; CARREIRO, S. C. Avaliação Microbiológica de Polpas de Frutas Congeladas. **Ciências Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 4, p. 913-915, 2008.

SCHAKER, P. D. C.; ANTONIOLLI, L. R. Aspectos econômicos e tecnológicos em pós-colheita de amoras-pretas (*Rubus spp*). **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 15, n. 1-4, p. 11-15, jan./dez. 2009.

SEVERO, J. **Maturação e UVC na expressão transcricional de genes envolvidos nas rotas metabólicas de parede celular, compostos fenólicos e aromas em morango**. (pp. 94). Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial). Universidade Federal de Pelotas, 2009.

SHAHIDI, F.; JANITHA, P. K.; WANASUNDARA, P. D. Phenolic antioxidants. **Revista Food Science Nutrition**, Curitiba, v. 32, n. 1, p. 67-103, 1992.

SHAHIDI, F. ; NAZCK, M. Extration and analysis of phenolics in food review **Journal of Chromatography A**, v. 1054, p. 95-111, 2004.

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

SILVA, R. S.; VENDRUSCOLO, J. L.; TORALLES, R. P. Avaliação da capacidade antioxidante em frutas produzidas na região sul DO RS. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.17, n.3-4, p.392-400, jul-set. 2011.

SILVA, D. K.; BRAGA, V. O.; QUINTAES, K. D.; HAJ-ISA, N. M. A.; NASCIMENTO, E. S. Conhecimento e atitudes sobre alimentos irradiados de nutricionistas que atuam na docência. **Ciência Tecnologia Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 3, p. 645-651, jul./set. 2010.

SILVA, J. M.; SPOTO, M. H. F.; SILVA, J. P. Efeitos da radiação ionizante nas características sensoriais do abacaxi. **Ciência Tecnologia Alimentos**, Campinas, v. 27, n.4, p. 710-716, out./dez. 2007.

SIQUEIRA, R. S. **Manual de Microbiologia de Alimentos**. Rio de Janeiro. EMBRAPA. p. 159, 1995.

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.

SOBRATTEE, M. A.; NEERGHEEN, V. S.; LUXIMON-RAMMA, A.; ARUOMA, O. I.; BAHORUN, T. Phenolics as potential antioxidant therapeutic agents: Mechanism and actions. **Mutation Research**, v. 579, p. 200-213, 2005.

STRIK, B. C.; FINN, C. E.; CLARK, J. R.; PILAR BAÑADOS, M. Worldwide production of blackberries. **Acta Horticulturae**, Pucón, n.777, p.209-218, 2008.

TOSUN, I.; USTUN, N. S.; TEKGULER, B. Physical and chemical changes during ripening of blackberry fruits. **Scientia Agricola**, v. 65, p. 87-90, 2008.

VILAR, J. S.; MONTEIRO, F. S.; FREITAS, S. P.; FURTADO, A.; CABRAL, L. M. C.; PONTES, S. M. **Efeitos da pasteurização sobre o conteúdo de antocianinas do suco de amora-preta (*Rubus sp.*)** Disponível em:<<http://www.sovergs.com.br/site/higienistas/trabalhos/10461.pdf>> Acesso em 05 mar de 2012.

VITAL, H. C.; FREIRE-JUNIOR, M. A irradiação de alimentos. In: Rosenthal, A. (Ed.). **Tecnologia de alimentos e inovação: Tendências e perspectivas**. 1ª ed. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, Brasil, 2008.

VIZZOTTO, M.; RASEIRA, M. C. B.; PEREIRA, M. C.; FETTER, M. R. Teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante em diferentes genótipos de amoreira-preta (*Rubus sp.*) **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal - SP, v. 34, n. 3, p. 853-858, Setembro 2012.

ZHAO, M.; MOY, J.; PAULL, R. E. Effect of gamma-irradiation on ripening papaya pectin. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.8, p.209-22, 1996.

9- SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Fazer a análise sensorial para avaliar se a irradiação comprometeu a qualidade do alimento, assim como preconiza o Regulamento Técnico para Irradiação de Alimentos (ANVISA, 2001);
- Fazer análise sensorial da polpa pasteurizada para estabelecer comparações;
- Avaliar a polpa de amora armazenada a temperatura de refrigeração, congelamento e ambiente buscando verificar o tempo de conservação dessa polpa.