

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

Conservação pós-colheita de framboesa ‘Autumn Bliss’ com uso de
radiação gama

Flor Roxana Quispe Saji

Dissertação apresentada para obtenção do
título de Mestra em Ciências. Área de
concentração: Fisiologia e Bioquímica de
Plantas

**Piracicaba
2013**

Flor Roxana Quispe Saji
Bacharel em Ciências Agrárias

Conservação pós-colheita de framboesa 'Autumn Bliss' com uso de radiação
gama

Orientador:
Prof. Dr. **RICARDO ALFREDO KLUGE**

Dissertação apresentada para obtenção do
título de Mestra em Ciências. Área de
concentração: Fisiologia e Bioquímica de
Plantas

Piracicaba
2013

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP**

Quispe Saji, Flor Roxana

Conservação pós-colheita de framboesa 'Autumn Bliss' com uso de radiação gama / Flor Roxana Quispe Saji. - Piracicaba, 2013.
51 p: il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2013.

1. Rubus ideaus L. 2. Refrigeração 3. Pequenas frutas 4. Irradiação I. Título

CDD 634.711
Q8c

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte -O autor"

A meus pais Leoncio C. Quispe Tito e Florecia Saji de Enriquez, meus irmãos Jhon, Flor de Maria, Flor Angel, Henry, Guadalupe Del Rosario, Alan e meus sobrinhos Gabriel, Joaquin, Manuel e Andrea por todo seu amor e apoio incondicional em todos nos momentos de minha vida.

A Nair pelo convívio, amizade, amor incondicional como uma mãe no Brasil (in memoriam).

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por tudo o que me oferece na vida.

Ao Prof. Dr. Ricardo Alfredo Kluge pela orientação, paciência, oportunidade de desenvolvimento profissional.

Ao programa de Fisiologia e Bioquímica de Plantas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ, pela disponibilidade e permissão concedida para realização desta pesquisa.

À secretária do Programa Maria Solizete G. Silva pela dedicação, ajuda, apoio incondicional, avisos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, por financiar esta pesquisa.

Ao grupo Pcolheit (Laboratório de Fisiologia e Bioquímica Pós-colheita da ESALQ/USP), toda minha admiração pelo convívio e pelo apoio nos experimentos e nas análises, especialmente nos fins de semana e horários extras.

À Jaqueline que proporcionou o desenvolvimento deste trabalho.

À Mariana Ferraz Monteiro por se dispor a ajudar nas análises de cromatografia gasosa.

À Jaqueline, Natalia, Francynês, Marcia pela enorme colaboração na produção deste trabalho.

À Fernanda, Jessiani, Luciane pela amizade e palavras de conforto nos momentos mais difíceis, meu agradecimento e amor.

Aos amigos e familiares que sempre me passaram força e pensamentos positivos.

Obrigada por tudo.

“Espere o melhor, prepare-se para o pior e aceite o que vier.”

Provérbio Chinês.

SUMÁRIO

RESUMO.....	11
ABSTRACT	13
1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1 Aspectos gerais da framboesa.....	17
2.2 Características do fruto	18
2.3 Aspectos nutricionais	21
2.4 Métodos para manutenção da qualidade pós-colheita	21
2.4.1 Refrigeração.....	21
2.4.2 Radiação gama	22
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	27
3.1 Material vegetal	27
3.2 Procedimento de irradiação e armazenamento.....	27
3.3 Metodologia das análises.....	28
3.4 Delineamento Experimental e Análise Estatística	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
5 CONCLUSÃO.....	43
REFERÊNCIAS.....	45

RESUMO

Conservação pós-colheita de framboesa 'Autumn Bliss' com uso de radiação gama

A framboesa faz parte do grupo das frutas vermelhas cuja produção tem crescido no Brasil devido à introdução das novas cultivares que produzem duas vezes no mesmo ciclo. É considerada uma fruta delicada e perecível, possui curta vida útil, o que torna essencial o desenvolvimento de novos métodos de conservação pós-colheita do produto *in natura*, tendo-se em vista que este é um dos principais entraves para a expansão da cultura no país. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de doses de radiação gama sobre a conservação de framboesas 'Autumn Bliss' refrigeradas. Os frutos foram colhidos na região de Ibiuna-SP, quando atingiram a plena maturidade na planta e foram selecionados de acordo com o tamanho, formato, ausência de injúrias e patógenos visíveis. No dia seguinte os frutos foram irradiados com fonte de ^{60}Co , com as doses 0,0; 0,5; 1,0 e 2,0 kGy. Após a irradiação, os frutos foram armazenados a $0\pm 1^\circ\text{C}$ e $90\pm 5\%$ UR durante 20 dias. As variáveis analisadas foram: perda de massa fresca, índice de cor, firmeza, acidez titulável, teor de ácido ascórbico, teor de antocianinas e quercetina, porcentagem de solubilização de pectina, incidência de podridão, atividade respiratória e produção de etileno. As duas últimas variáveis foram avaliadas no dia da montagem do experimento, no dia seguinte ao da instalação, e após, a cada dois dias, as demais foram realizadas no dia da montagem e a cada quatro dias. Os resultados indicaram que a aplicação de raios gama não alterou a respiração, a produção de etileno, a firmeza, o teor de antocianinas, quercetina, e o índice de cor das framboesas. As doses de 1,0 e 2,0 kGy reduziram as podridões dos frutos. A dose de 2,0 KGy reduziu significativamente a acidez e a dose 1,0 kGy resultou em menores perdas de massa fresca. Também foi observado que a maior dose aumentou a perda de ácido ascórbico. Conclui-se que o uso da radiação gama na dose 1,0 kGy em conjunto com o armazenamento refrigerado é a mais recomendada para aumentar a vida útil de framboesa *in natura* 'Autumn Bliss', ampliando o período de conservação em até 8 dias.

Palavras-chave: *Rubus ideaus* L.; Refrigeração; Pequenas frutas; Irradiação

ABSTRACT

Postharvest conservation of 'Autumn Bliss' raspberry using gamma radiation

Raspberry is part of the group of red fruit whose production has grown in Brazil due to the introduction of new cultivars producing twice in one cycle. It is classified as a very delicate and perishable fruit. It has a short life, which makes it essential to develop new methods of postharvest *in natura* for the expansion of cultivation in the country, since this is the main obstacle to the national marketing. The aim of this study was to evaluate the effect of gamma radiation on the conservation of chilled 'Autumn Bliss' raspberries. The fruits were harvested in Ibiuna - SP when the plant reached the full maturity. The fruits were selected according to the size, shape, no injuries and visible pathogens. In the following day the fruits were irradiated with ^{60}Co source at doses of 0.0, 0.5, 1.0 and 2.0 kGy. After radiation, the fruits were stored at 0 ± 1 °C and 90% RH for 20 days. The analyzed variables were: weight loss, color, firmness, titratable acidity, ascorbic acid, anthocyanin content, percentage of pectin solubilization and rot incidence were evaluated on the day of the assembly of the experiment and every four days for 20 days. The analysis of respiration and ethylene production were performed at the assembly of the experiment, on the following day of the installation and after it, every two days for a period of 17 days. The results indicated that the application of gamma rays did not affect the respiration, ethylene production, firmness, anthocyanin content and color index of the raspberries. The dose 1.0 and 2.0 kGy reduced fruit decay. The dose of 2.0 kGy significantly reduced the acidity and 1.0 kGy dose resulted in lower loss of fresh weight. It was also observed that the higher dose reduced ascorbic acid content. In conclusion, the use of gamma radiation (1.0 kGy) together with cold storage is recommended for further extending the life of fresh raspberries 'Autumn Bliss', extending the shelf life up to 8 days.

Keywords: *Rubus idaeus* L.; Cold Storage; Small fruit; Irradiation

1 INTRODUÇÃO

A framboesa pertence ao grupo das frutas vermelhas, que ocupa a quarta colocação na produção mundial em termos de área cultivada (STRIK, 2007). No Brasil o cultivo dessa cultura é considerado pequeno, segundo os dados estimados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2007), o país possui uma área de cultivo de apenas 40 hectares, com produção anual de 240 toneladas, o que representa 0,05% da mundial (PAGOT; HOFFMANN, 2003). Mas atualmente o interesse pelo plantio da cultura de framboesa tem crescido no Brasil e no exterior, pois o fruto é cada vez mais valorizado pelas suas propriedades nutracêuticas, alto conteúdo de antocianinas, ácido elágico e vitamina C (MULLEN et al., 2002).

Os frutos de framboesas são comumente consumidos *in natura*, congeladas ou processadas (BOBINAITE et al., 2012; VENDRÚSCULO, 2004). A framboesa é considerada uma fruta frágil e muito perecível em temperatura ambiente, tendo uma durabilidade de apenas 48 horas depois da colheita o que restringe a comercialização dos frutos *in natura* (RASEIRA et al., 2004). Esta problemática está associada à alta taxa respiratória que acelera sua maturação produzindo o amolecimento excessivo, desidratação e deterioração por danos mecânicos ou por micro-organismos, como o caso da *Botrytis cinerea*, que reduz a vida pós-colheita dos frutos (PAGOT; ILHA, 2007; VICENTE et al., 2007).

Em framboesa, a utilização de tecnologias adicionais à refrigeração tem sido pouco estudada e as respostas ao seu uso podem contribuir para o aumento da vida pós-colheita.

O armazenamento refrigerado tem sido o método mais eficazmente utilizado para reduzir as perdas pós-colheita. Ele visa minimizar a intensidade do processo vital dos frutos por meio da utilização de condições adequadas que permitam redução no metabolismo normal, sem alterar a fisiologia do fruto. Além disso, as baixas temperaturas permitem controlar reações químicas e enzimáticas nos micro-organismos retardando e impedindo sua proliferação (LIDON, 2008). De acordo com Sjulín; Robbins (1987) a utilização de temperaturas de 0 a 5°C e umidade relativa de 90 a 95% podem ampliar a vida útil das framboesas em até cinco dias.

A utilização das radiações em alimentos, tem apresentado diversos resultados positivos nas diversas áreas de aplicação, como no controle de infestação de insetos, retardamento do amadurecimento de frutos, redução da carga microbiana, entre outros (FABBRI, 2009). Além disso, o uso de radiação gama apresenta vantagens sobre os tratamentos com produtos químicos fumigantes, não deixando resíduo nos frutos (MOY et al., 1983). Associada aos procedimentos pós-colheita normalmente empregados, a radiação gama, em baixos níveis de dose, mostrou-se ser um excelente método para prolongar a vida comercial das frutas (GERMANO et al., 1996).

Resultados foram observados com a aplicação de irradiação em frutas vermelhas como em morangos, onde a aplicação de 1,5; 2 e 3 kGy resultaram na melhoria da conservação e na qualidade dos frutos (THOMAS, 1993).

Na literatura, a utilização de tecnologias adicionais à refrigeração tem sido pouco estudada em framboesa tornando, assim, necessários mais estudos que possam contribuir para o aumento da conservação pós-colheita desse fruto e, conseqüente auxílio na evolução da cultura no país.

O objetivo desse trabalho foi avaliar a eficiência da refrigeração associada à tecnologia de radiação gama na conservação pós-colheita da framboesa 'Autumn Bliss', assim como estudar os efeitos sobre aspectos fisiológicos e bioquímicos dos frutos, na tentativa de determinar as melhores doses de radiação gama para aumentar sua vida útil.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aspectos gerais da framboesa

A framboesa (*Rubus idaeus* L.) é um arbusto perene, pertencente à família das rosáceas. É originária das regiões temperadas do norte da Ásia e da Europa Oriental. Os primeiros registros da espécie foram encontrados no monte de Ida em Grécia, de onde originou o nome de *Idaeus* que significa “Do monte Ida” (MORALES et al., 2009).

Os principais países produtores da framboesa são: Rússia, Polônia, Sérvia, Estados Unidos da América e Ucrânia (FAO, 2011). No Brasil, foi introduzida na região da Alta Mantiqueira, mais especificamente na cidade de Campos do Jordão (SP). Os principais estados produtores são: São Paulo, Minas Gerais e Rio Grande do Sul, com as cultivares Autumn Bliss, Heritage, Scepter e Batum (RASEIRA et al., 2004). Muitas cultivares de framboesas vermelhas são originadas de duas subespécies comerciais; a framboesa silvestre europeia, *Rubus idaeus* sp *vulgatus* Arrhen, caracterizada por apresentar frutos de forma cônica achatada ou achatada ovalada geralmente com coloração vermelha escura; e a framboesa silvestre americana *Rubus idaeus* sp *strigosus* Michx, que apresenta frutos com coloração vermelha clara, de forma arredondada achatada com numerosos pelos glandulares (DALE et al., 1993; MORALES, 2009; RASEIRA et al., 2004).

Com relação a cultivar Autumn Bliss, ela é originária da Inglaterra e apresenta frutos grandes, oval-cônicos, que tendem a vermelho escuro, com sabor agradável e não acentuado. Uma característica desta cultivar é produzir duas vezes no mesmo ciclo, uma na primavera e outra no outono (RASEIRA et al 2004). A cultura da framboesa necessita de verões relativamente frescos e invernos frios que acumulem mais de 600 horas de frio/ano. Entretanto existem algumas variedades que se adaptam em regiões que possuem temperaturas inferiores a 7°C e com pelo menos 250 horas frio/ano (PAGOT; ILHA, 2007; RASEIRA et al., 2004).

Embora não seja uma fruteira de expressão econômica no Brasil, a framboesa vem conquistando novos produtores e recebendo cada vez mais destaque no país. Seu cultivo é inserido como alternativa de diversificação,

especialmente para pequenas e médias propriedades rurais e agroindustriais, visto que apresenta garantia de alto retorno econômico em curto espaço de tempo. Além disso, é um fruto de alto valor agregado, favorecendo produtos que o contêm em sua composição (PAGOT; HOFFMANN, 2003).

Estima-se que a área plantada no Brasil seja de 40 ha, com produtividade média de 6 t ha⁻¹ (IBGE, 2007), o que é considerado pequena quando comparado à produção mundial, no entanto, a produtividade nacional está acima da média dos países de maior produção e com frutos de boa qualidade que atingem os padrões necessários para exportação.

Na safra 2009/10, foram exportados 10,9 t de framboesa *in natura* e importadas 19,1 t. Como relação à safra 2008/2009 a importação aumentou 87,8% e a exportação diminuiu 65,2%. Comportamento que se deve ao aumento do consumo e a valorização do preço no mercado interno (IBRAF, 2012).

2.2 Características do fruto

A framboesa é um fruto que apresenta características fisiológicas de frutos não climatéricos devido ao seu padrão respiratório, devendo assim ser colhidos no momento em que atingirem a plena maturação (PERKINS-VEAZIE, 1992; MITCHAM; CRISOSTO; KADER, 2011).

O fruto é um agregado de muitas drupéolas unidas a um receptáculo central cônico (MACKENZIE, 1979). Cada drupéola é composta de um endocarpo, que é uma semente dura, rodeado por um mesocarpo túrgido e protegido por um exocarpo. O mesocarpo é composto das células parenquimáticas túrgidas com paredes celulares delgadas (PRITTS, 2013).

Frutos de framboesa podem ter pesos variados, existindo uma variação considerável com um intervalo de 1 até 10 g, dependendo do tamanho e número das drupéolas. Em termos de qualidade da fruta, tem-se procurado melhorar características como a firmeza e sabor, assim como a capacidade de separação do fruto do receptáculo (BRÁS DE OLIVEIRA, 2007).

A cor dos frutos pode variar para diferentes cultivares, podendo apresentar frutos com coloração vermelhos a amarelos, roxos e pretos por

médio de melhoramento genético (PRITTS, 2013; SOUZA, 2007; BRÁS DE OLIVEIRA, 2007).

Na maturação forma-se uma camada de abscisão no ponto de união entre as drupéolas e o receptáculo, ficando este último ligado à planta após a abscisão do fruto, considerando-se como critério utilizado pelos produtores para determinar o ponto da colheita (BRAS DE OLIVEIRA, 2007).

A cor é outro critério tradicional para a seleção do estado de maturação dos frutos, sendo cinco os estádios; o estádio S1 (branco rosado), S2 (rosado), S3 (vermelho), S4 (vermelho intenso), S5 (vermelho púrpuro). Os frutos de qualidade comercial podem selecionar-se no estádio S2 e S3, no primeiro caso de distribuição rápida próxima à local de produção e no segundo caso para uma comercialização mais longínqua (exportação) (ANTUNES, 2006). Para definir melhor o ponto de colheita das pequenas frutas, além da cor, podem ser adicionalmente incluídos a firmeza, teor de sólidos solúveis e acidez titulável (HOWARD, 1986; CANTILLANO, 2011). Em geral, a colheita das frutas ocorre quando atingem grau de maturação máxima, no qual apresentam valores de pH de 2,65 a 3,20, teor de sólidos solúveis totais (°Brix) 9,2 a 13,0, e acidez titulável (%) de 0,29 a 2,3 (TALCOTT, 2007).

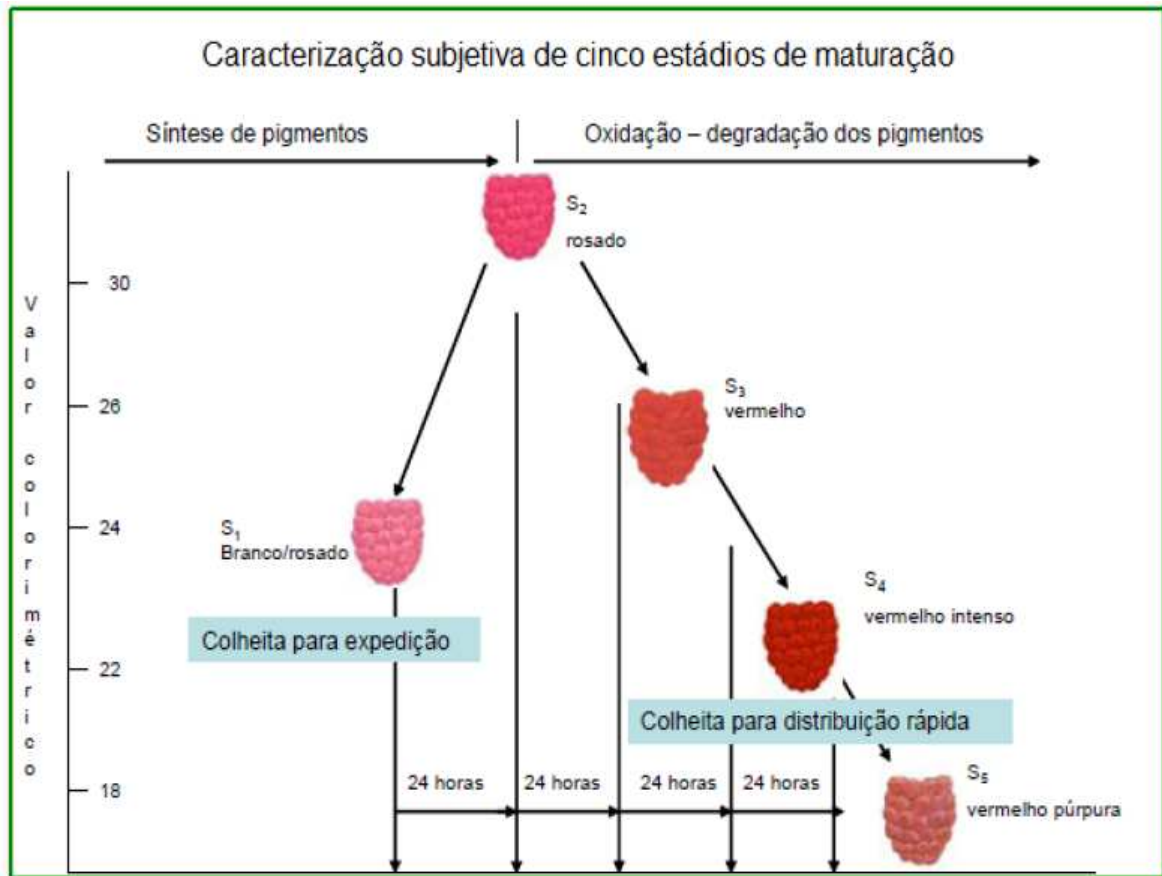


Figura 1 – Avaliação da cor e estágio de maturação dos frutos (ANTUNES, 2006)

Dentre os principais problemas encontrados na conservação pós-colheita de framboesa está a perda da firmeza dos frutos, fato que ocorre rapidamente após a sua colheita (VICENTE et al., 2005). Ela está diretamente associada à composição e estrutura da parede celular, bem como com a manutenção de sua integridade. A atividade das enzimas hidrolíticas e a solubilização da pectina são, em grande parte, responsáveis pela perda de firmeza desse fruto (DILEY, 1970). O amolecimento parece ser um processo de múltiplos componentes, abaixo da epiderme e hipoderme, as paredes celulares finas do mesocarpo se incham e contribui com as mudanças na textura (REEVE, 1954; JENNINGS, 1988). A extensa decomposição das paredes celulares do mesocarpo também está associada com o amolecimento (SEXTON et al., 1997). A degradação da parede celular pode ser acompanhada por um incremento de hidrolases na parede celular, tal como a poligalacturonase e celulase (endo 1,4 β - glicosidase) (FISCHER; BENNET, 1991).

Na framboesa, a perda de massa fresca é acelerada pelo fato do fruto ser oco e apresentar alto metabolismo. O surgimento de podridões pós-colheita e utilização de cultivares não adequadas também limitam significativamente a vida útil desse fruto (SJULIN; ROBBINS, 1987).

2.3 Aspectos nutricionais

Do ponto de vista nutricional a framboesa apresenta grande interesse, pois contém elevado nível de vitamina C (25 mg, ou seja, 30% da DDR– dose diária recomendada), provitamina A (13 UI), vitamina B6 (13 mg), sais minerais (210 mg, em especial de potássio, cálcio, magnésio e ferro) e fibra (4-7 g 100 g⁻¹) (USDA, 2010). Recentemente, demonstrou-se que a framboesa possui um efeito benéfico à saúde humana, considerando que possui compostos fenólicos, como quercetina e ácido elágico, com propriedade anticancerígena (LILA et al., 2005). Estudos realizados na Universidade da Carolina do Sul demonstraram o efeito do ácido elágico na prevenção do câncer (KALT, 2005), além de apresentar propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias (LIU et al., 2002)

Outro ponto a considerar é que a framboesa pode ser classificada como um fruto de propriedades dietéticas porque 85,57 % do seu peso é água, com apenas 49 kcal 100 g⁻¹ (SOUZA et al., 2007).

2.4 Métodos para manutenção da qualidade pós-colheita

2.4.1 Refrigeração

Dentre as técnicas mais utilizadas e eficientes para prolongar o armazenamento dos vegetais destaca-se a refrigeração, que retarda de maneira geral o metabolismo do vegetal (SOUZA et al., 2009). O processo refrigerado consiste em remover e minimizar a geração de calor (energia) do produto a ser conservada através da diminuição da intensidade da atividade respiratória, produção de etileno e da ação de enzimas degradativas e oxidativas (HOWARD, 1986; CHITARRA; CHITARRA, 2005). A refrigeração, ao reduzir a intensidade respiratória, também reduz as perdas de aroma, sabor,

cor, textura e outros atributos de qualidade do produto armazenado (FILGUEIRAS et al., 1996).

O armazenamento refrigerado permite controlar a proliferação rápida de micro-organismos, aumentando assim a conservação dos alimentos (LIDON, 2008).

Segundo Souza et al. (2007), no âmbito da apreciação conjunta dos atributos de qualidade, inferiram que framboesas da cv. Polka possuem um conjunto de características de qualidade superiores às framboesas da cv. Joan Squire e que se mantêm relativamente constantes até o final do período de conservação por 13 dias a 2°C.

Estudos mostraram que o armazenamento *in natura* de frutas a $0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e 90 a 95% de UR aumenta o tempo de conservação e mantém a qualidade comercial (CANTILLANO et al., 2008; RASEIRA, 2004; MITCHAM; CRISOSTO; KADER, 2011).

Frutos de diferentes cultivares de framboesas que receberam diferentes tempos de pré-resfriamento mantiveram a qualidade dos frutos por 8 dias em condições refrigeradas a 0°C (ROBBINS; MOORE, 1990). Framboesas 'Autumn Bliss' armazenadas a $0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e 90 a 95% UR permaneceram com condições de comercialização por 12 dias (TEZOTTO, 2012).

2.4.2 Radiação gama

A irradiação é um método físico no qual um alimento é exposto a uma quantidade controlada de radiação ionizante por um período de tempo específico para alcançar certos objetivos técnicos (PEREZ, 2005; FAN; SOMMERS, 2013).

A Norma Geral Codex para alimentos irradiados autoriza quatro fontes de energia ionizante, tais como: raios gama dos elementos ^{137}Cs e ^{60}Co ; raios X gerados por máquinas que trabalham a energia não maior que 5 MeV; e aceleradores de elétrons que trabalham a energia não maior que 10 MeV (CODEX STAN 106-1983).

O comitê misto de especialistas para alimentos irradiados (JECFI) avaliou os aspectos toxicológicos, nutricionais, químicos e físicos dos alimentos, declarando que a irradiação de até 10 kGy é segura e

nutricionalmente adequada, desde que sejam produzidas de acordo com boas práticas de fabricação (WHO, 1999).

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) aprovou um regulamento técnico para a irradiação de alimentos em 2001, estabelecendo que qualquer alimento pode ser tratado por radiação desde que a dose mínima absorvida seja suficiente para atender a finalidade pretendida e a dose máxima absorvida seja inferior àquela que comprometeria as propriedades funcionais e ou os atributos sensoriais do alimento, não sendo estipulado valor numérico máximo para a dose permitida (BRASIL, 2001).

O uso de baixas doses de radiação gama como tecnologia pós-colheita têm se mostrado como um excelente método para prolongar a vida comercial de frutos, pois retarda os processos de amadurecimento e senescência, bem como pode reduzir significativamente o apodrecimento causado por fungos e bactérias patogênicas (KÄFERSTEIN; MOY, 1993).

De acordo com Arthur e Wiendl (1996), o processo de irradiação apresenta vantagens sobre os tratamentos com produtos químicos fumigantes, tratamentos térmicos ou combinação de ambos os tipos, pois o processo assegura desinfestação de micro-organismo, não deixando resíduo nos frutos, e também tende a retardar o amadurecimento das frutas climatéricas e a senescência de frutas não climatéricas, aumentando assim o tempo de armazenamento (MOY et al., 1983). Segundo Loaharanu (1994), as radiações ionizantes produzem pequenas alterações fisiológicas, sobretudo em frutas, levando à redução ou paralisação dos processos de maturação, o que pode acarretar enormes vantagens para os produtores rurais e consumidores, por possibilitar a minimização das perdas por deterioração e até possíveis reduções nos custos com armazenamento. Todavia, Marin et al. (1996) demonstraram que essas vantagens obtidas através da redução de perdas pós-colheita, ocorrerão desde que o processo de irradiação esteja em conformidade com as Boas Práticas de Irradiação nas condições de manipulação, armazenagem e transporte estabelecido pelas autoridades nacionais e internacionais.

Segundo Vilas Boas (2000), a radiação gama a baixas doses auxilia no aumento da vida útil de frutos, retardando os processos de amadurecimento e senescência; entretanto, a dose ótima para a inibição do amadurecimento e a

máxima que as frutas podem tolerar requerem mais estudos, pois diferem entre espécies, cultivares, nas diferentes áreas geográficas, no momento da maturidade da colheita.

Thomas (1986) estabeleceu que para a radiação gama inibir o amadurecimento de banana, os frutos devem ser tratados ainda no estágio pré-climatérico. Banana 'Prata' colhida no mesmo grau de maturação foi irradiada com doses de 0,50; 0,75 e 1,00 kGy e mantida em condições ambientes, tendo sido verificado que a dose 1,00 kGy proporcionou aumento no período de conservação em 4 dias (VIEIRA, 1995). Manoel (2005), estudando o comportamento de banana 'Nanica', observou que a dose de 0,4 kGy foi eficiente na manutenção da firmeza e retardou a maturação por 21 dias em armazenamento a 14°C. Irradiação de abacate das variedades Fortuna e Quintal resultou no prolongamento na vida útil dos frutos em 4 dias na dose de 75 Gy, e em 7 dias na dose de 100 Gy; entretanto, a variedade Quintal não se mostrou sensível à utilização de radiação (GERMANO, et al., 1996). A utilização de radiação gama em frutos de manga na dose de 0,45 kGy e armazenamento a 13°C durante 15 dias (+seis dias em temperatura ambiente) resultou no atraso da maturação e proporcionou diminuição severa na podridão por *Fusicoccum parvum* (SANTOS et al., 2010).

Estudos realizados com duas cultivares de lichia em diferentes temperaturas e diferentes doses de irradiação, mostrou que a combinação da dose de 0,5 kGy sob refrigeração a 4°C mostrou-se eficiente na manutenção da vida útil dos frutos durante 28 dias de armazenamento (HAJARE et al., 2010).

HUSSAIN (2012) observou, em morangos, que a dose de irradiação de 2 kGy em combinação com recobrimentos de carboximetil celulose (CMC) 1% mostrou-se eficaz na manutenção da qualidade e atrasou desenvolvimento de fungos por um período de 18 dias de armazenamento refrigerado a 3°C.

Morangos irradiados a 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 kGy e armazenados a 4°C por 29 dias não apresentaram alterações nos teores de sólidos solúveis, acidez titulável, pH, pectinas totais e solúveis quando comparados o controle (FRANÇOSO et al., 2008).

Em estudo com framboesas 'Autumn Bliss' tratadas com diferentes doses de radiação, foi demonstrado que os frutos que receberam dose de radiação de 2 kGy obtiveram redução de infestação microbiana e diminuição na perda de massa, entretanto, houve redução da firmeza (GUIMARÃES et al., 2013).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material vegetal

As framboesas 'Autumn Bliss' utilizadas neste trabalho foram provenientes da região produtora de Ibiúna, SP (23° 39' 21" S – 47° 13' 22" O), da safra 2011. Nessa localidade, o clima é classificado como subtropical Cfb (sempre úmido e verão temperado).

Os frutos foram colhidos quando atingiram a plena maturidade na planta, estando, portanto, com a coloração rosada, e foram colocados diretamente nas embalagens de comercialização (bandejas de politereftalato de etileno perfurada contendo 120 g de fruto). Em seguida os frutos foram transportados até o Laboratório de Fisiologia e Bioquímica Pós-Colheita, do Departamento de Ciências Biológicas, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, USP/ESALQ, em Piracicaba, SP. No laboratório, os frutos foram submetidos a uma nova seleção, tendo como critério o tamanho, formato, ausência de injúrias e patógenos visíveis.

3.2 Procedimento de irradiação e armazenamento

No seguinte dia após a colheita, os frutos foram colocados em caixas de poliestireno expandido, contendo placas de gelo e foram transportados para o Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) da USP, onde receberam o tratamento com irradiador comercial de 60 Co modelo Gammabeam YR-530nm. As caixas permaneceram expostas a fonte irradiadora por 8, 19, 40 e 42 minutos, para obtenção das doses de 0,5; 1,0 e 2,0 kGy, respectivamente.

Depois de irradiados, os frutos voltaram ao laboratório na ESALQ e foram armazenados a $0 \pm 0,5^\circ\text{C}$ e $90 \pm 5\%$ UR durante 20 dias. As análises de respiração e produção de etileno foram realizadas no dia da montagem do experimento, no dia seguinte da instalação, e após, a cada dois dias, por um período de 17 dias. As análises de perda de massa fresca, índice de cor, firmeza, acidez titulável, teor de ácido ascórbico, antocianinas e quercetina, solubilização de pectinas e incidência de podridão, foram avaliadas no dia da

montagem do experimento, visando à caracterização e, a cada quatro dias, durante 20 dias.

3.3 Metodologia das análises

- a) Incidência de podridão: realizada por análise visual e expressa em percentual de frutos infectados. Para isso, foram considerados frutos podres aqueles que apresentavam sintomas típicos (micélio aparente) de ataque de patógenos.
- b) Perda de massa fresca: determinada pela diferença, em %, entre a massa inicial da repetição e a massa de cada dia de análise.
- c) Teor de ácido ascórbico: determinado por titulação, de acordo com a metodologia descrita por Carvalho et al. (1990), na qual 10 g da amostra homogeneizada em centrífuga doméstica, foram diluídas em 50 mL de ácido oxálico 1%. A titulação foi feita com solução de 2,6-diclorofenol-indofenol (DCFI). Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100 g de polpa ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$).
- d) Respiração e produção de etileno: utilizou-se de 6 a 8 frutos que foram acondicionados em frascos herméticos com capacidade de 80 mL, previamente expostos às condições de temperatura e umidade do experimento. Os frascos foram fechados periodicamente e ao fim de 30 minutos foram coletadas amostras de 0,5 mL de gás do interior dos mesmos, através de um septo de silicone presente na tampa de cada frasco, com auxílio de uma seringa com capacidade de 1 mL. Essas amostras foram injetadas em cromatógrafo a gás marca *Thermo Finnigan*, modelo *Trace 2000GC*, equipado com dois detectores de ionização de chama (FID) regulados para 250°C, dois injetores regulados para 100°C, duas colunas *Porapack N* (coluna CO_2 – 4 m; coluna C_2H_4 – 1,8 m) reguladas para 100°C e um metanador regulado para 350°C. A atividade respiratória e a produção de etileno foram calculadas com base nos resultados obtidos das determinações cromatográficas, massa dos frutos contida no interior do frasco, volume do frasco e tempo que os frascos permaneceram fechados (30 minutos). A concentração inicial de CO_2 dentro dos frascos foi medida assim que os mesmos foram fechados, e o resultado foi descontado da

concentração final para o cálculo da atividade respiratória sendo expressa em mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹. Os resultados referentes à produção de etileno foram expressos em µL C₂H₄ kg⁻¹ h⁻¹

- e) Acidez titulável: 10 g da amostra homogeneizada e triturada foram colocadas em 90 ml de água destilada. Foi efetuada titulação potenciométrica com NaOH 1 N até pH 8,10. Os resultados foram expressos em %.
- f) Firmeza: determinada pela técnica de aplanção de Calbo e Nery (1995), tomando-se uma leitura da área amassada de 10 frutos de cada repetição. O resultado foi transformado para Newton (N).
- g) Solubilização de pectina: para determinação da solubilização foi necessária a determinação do conteúdo de pectina total e solúvel, que foi extraída através de metodologia adaptada de McCready e McComb (1952) adaptada por Tezotto (2012), sendo a determinação colorimétrica realizada segundo metodologia descrita por Bitter e Muir (1962). A solubilização da pectina foi calculada pela fórmula abaixo: % solubilização = (teor de pectina solúvel/teor de pectina total)*100h)
- h) Coloração da casca: foi determinada com colorímetro Minolta, modelo CR-400, utilizando-se 10 frutos por repetição, realizando-se leituras em L, a*, b*, sendo a e b os valores do croma e L luminosidade, sendo estes dados transformados em IC (Índice de cor), através da fórmula IC= (1000 x a*)/(L*x b*). O índice de cor variou de 44 a 67, sendo que quanto maior o valor, maior foi a intensidade de vermelho.
- i) Antocianinas e quercetina: determinada de acordo com a metodologia descrita por Lees e Francis (1972), na qual 10 g de amostra triturada foram homogeneizadas em solução com etanol e HCl. Após 12 horas a 4°C, utilizou-se 2 mL como alíquota. As leituras da absorbância foram realizadas em espectrofotômetro e os resultados expressos em mg de antocianinas ou quercetina por 100g de polpa (mg 100 g⁻¹).

3.4 Delineamento Experimental e Análise Estatística

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial (tratamentos x dias de análise), sendo cada tratamento formado por quatro repetições e cada repetição formada de 120 g de fruto. Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e a comparação

de médias foi realizada pelo teste de Tukey ($P \leq 0.05$) usando o software estatístico SISVAR versão 4.2 (Sistema de Análise de Variância – Universidade Federal de Lavras, MG, Brasil).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando que um dos benefícios do uso da radiação gama é o controle de patógenos, avaliou-se sua incidência nas framboesas irradiadas. Os resultados encontrados confirmaram esse benefício, pois frutos não irradiados diferiram dos demais atingindo aproximadamente 20% de frutos com sintomas de infecção no 12º dia após a colheita, momento em que foram descartados (Figura 1). De acordo com análise realizada na Clínica Fitopatológica da ESALQ/USP, os micro-organismos presentes nos frutos eram *Pucciniastrum americanum* (Farl) Arthur e *Botrytis cinerea*. Frutos irradiados a 0,5 kGy também mantiveram condições de comercialização até o dia 12, quando 18% dos frutos apresentam sintomas de infecção. Frutos irradiados a 1,0 e 2,0 kGy não diferiram entre si até o 12º dia após a colheita, apresentando, em média, 6% de frutos com sintomas. A partir de então, a dose 2 kGy mostrou-se mais eficiente, pois a porcentagem de frutos com sintomas de infecção no fim do período avaliado foi inferior.

O efeito sinérgico do armazenamento refrigerado com a radiação gama retardou a proliferação de patógenos causadores de podridão, prolongando em oito dias a vida útil dos frutos irradiados a 1,0 e 2,0 kGy. Para framboesa, assim como para abacaxis (Damayanti; Sharma; Kundu, 1992), morangos (Hussain, Dar; Wani, 2012) e ameixas (Hussain; Dar; Wani, 2013) irradiadas, as maiores doses foram mais eficazes por terem atingido energia suficientemente alta para desalojar os átomos e moléculas dos micro-organismos (Hagenmaier; Baker, 1998). Assim, quanto mais alta a dose, menor foi a sobrevivência dos patógenos e maior foi a vida útil dos frutos.

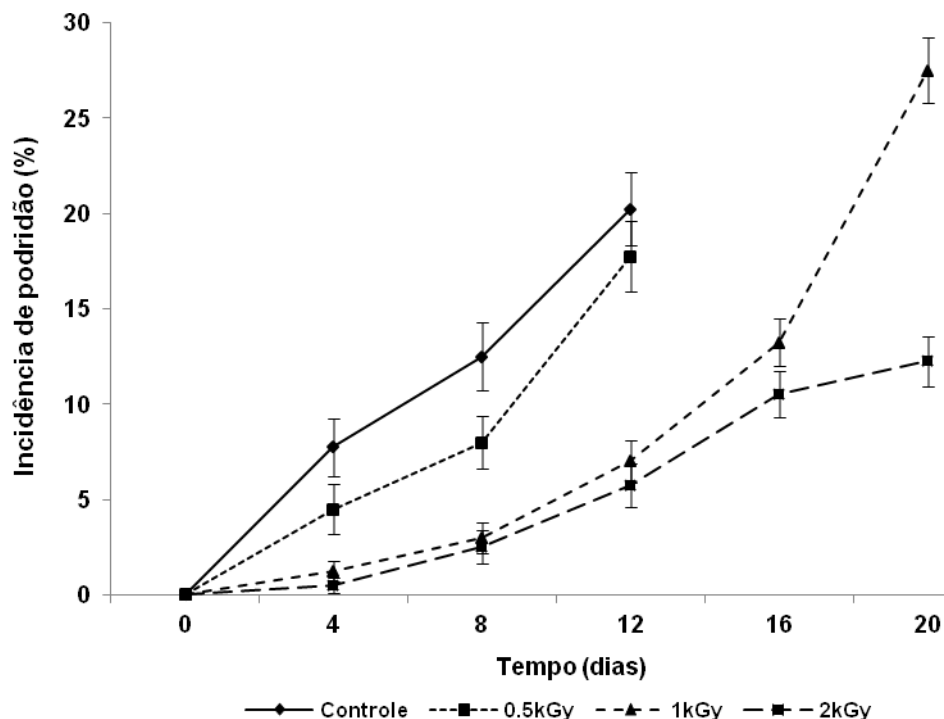


Figura 1 – Incidência de podridão de framboesas 'Autumn Bliss' tratadas com diferentes doses de radiação gama e armazenadas a 0 ± 1 °C e $90\pm 5\%$ UR. Barras verticais representam o erro padrão da média (n=4)

A perda de massa fresca de framboesas também sofreu influência da dose de radiação (Figura 2). Frutos não irradiados e irradiados a 0,5 kGy tiveram comportamento semelhante, perdendo, em média, 10,5% de massa no 12º dia após a colheita. Frutos irradiados a 1,0 kGy perderam 12,2% de massa e a dose 2,0 kGy proporcionou perdas de 15,6% aos frutos. Assim, 1,0 kGy foi a dose que resultou em menor perda de massa fresca da framboesa.

Possivelmente, a maior perda de massa dos frutos irradiados a 2 kGy se deve ao fato de que o uso de doses mais elevadas podem aumentar a permeabilidade das membranas e a transpiração através de cutículas, aumentando a perda de massa fresca (MAXIE; SOMMER; MITCHELL, 1973).

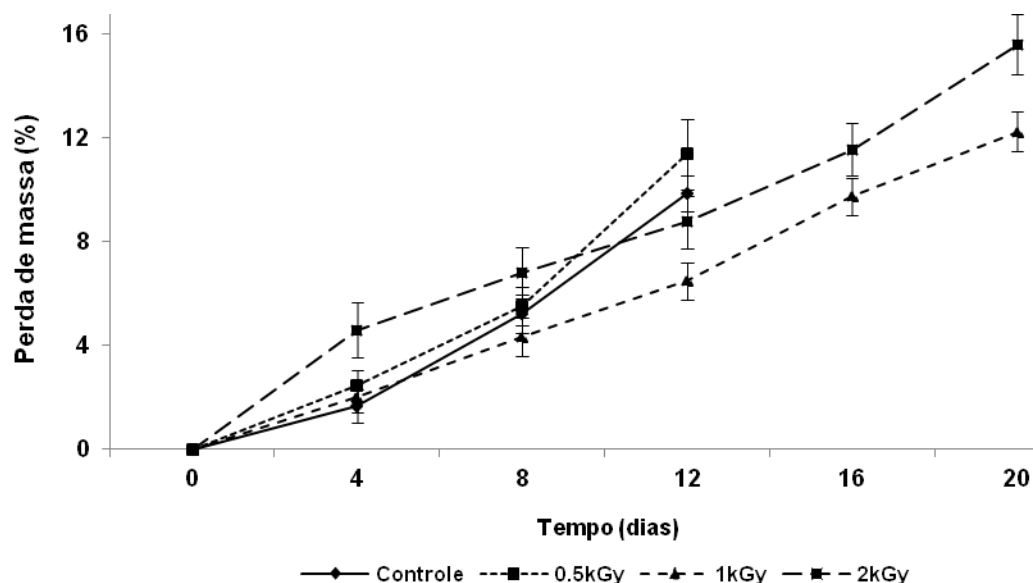


Figura 2 – Perda de massa de framboesas 'Autumn Bliss' tratadas com diferentes doses de radiação gama e armazenadas a $0\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $90\pm 5\%$ UR. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=4$)

Houve diminuição no teor de ácido ascórbico nos frutos de todos os tratamentos, principalmente, naqueles submetidos à maior dose de irradiação (Figura 3). Para os demais tratamentos não houve diferença para esta variável. Quanto ao período de análise, observou-se redução do teor de ácido ascórbico, inclusive nas framboesas não irradiadas. É sabido que essa redução ocorre devido à atividade antioxidante do ácido, acentuando-se ainda mais a redução em condições de armazenamento refrigerado (DAVEY et al., 2000).

Quanto ao decréscimo em função da dose, a justificativa se deve ao fato de que ao se elevar a dose, a radiólise da água do interior dos frutos gera mais radicais OH^{\cdot} , os quais oxidam o ácido ascórbico (WONG; KITTS, 2001). No entanto, Hussain; Dar; Wani (2012) observaram que o decréscimo do ácido ascórbico de morangos irradiados foi acompanhado do aumento do ácido dehidroascórbico (forma oxidada da vitamina C). Mesmo em menor proporção, este composto é biologicamente ativo, sendo que o uso da radiação não resultou em drásticas perdas da atividade vitamínica dos frutos. Ademais, deve-se considerar que os frutos não irradiados também perderam ácido ascórbico na pós-colheita e que, embora o uso da radiação gama a 1,0 e 2,0 kGy tenha resultado em perdas do teor de ácido ascórbico, elas ampliaram a vida útil da framboesas.

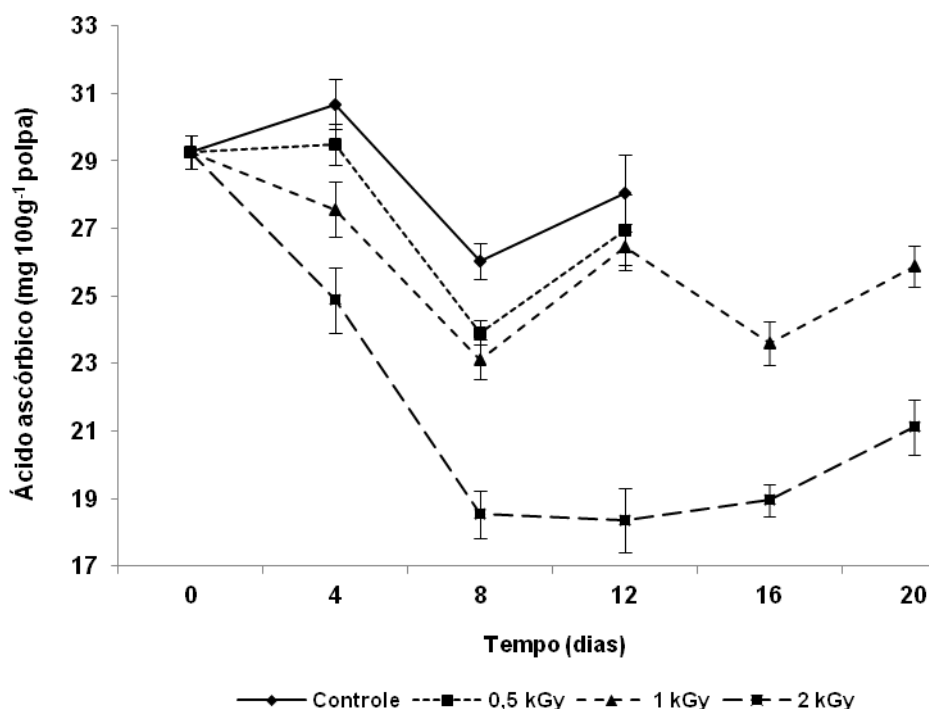


Figura 3 – Teor de ácido ascórbico de framboesas 'Autumn Bliss' tratadas com diferentes doses de radiação gama e armazenadas a $0\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $90\pm 5\%$ UR. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=4$)

Os resultados mostraram que o uso da radiação gama não afetou a respiração nem a produção do etileno, considerando que frutos das três doses estudadas apresentaram o mesmo comportamento dos frutos controle (Tabela 1). Entretanto, como as framboesas estavam refrigeradas, tanto a atividade respiratória quanto a produção de etileno apresentaram redução acentuada do dia 0 (dia da colheita) para o dia 3. No caso da atividade respiratória, a redução foi de 90%, com esse valor permanecendo constante até o fim do período avaliado. A produção de etileno reduziu 88% até o terceiro dia, mas a partir do sétimo aumentou, chegando ao último dia de análise com valores semelhantes ao dia em que os frutos foram irradiados (Tabela 1).

A ausência de interferência da radiação gama sobre a atividade respiratória e produção de etileno também foi observada em limão (MAXIE; SOMMER; MITCHELL, 1965), mangostan (Sritananan et al., 2005) e 'plout' (*Prunus salicina* × *Prunus armeniaca*) (Duvenhage; Joost; Johnson, 2012) irradiados. Possivelmente, o aumento da atividade respiratória não ocorreu nas framboesas porque elas estavam armazenadas a 0°C . O armazenamento refrigerado, além de resultar na acentuada queda inicial do metabolismo dos

frutos, possivelmente reduziu à ação das enzimas do ciclo de Krebs, reduzindo, assim, a liberação de CO₂ e a síntese de ATP. Como o ATP é necessário à síntese de etileno, também houve diminuição de sua produção, independentemente do uso de radiação gama. Dessa forma, conclui-se que a radiação gama em associação ao armazenamento refrigerado, até a dose de 2,0 kGy pode ser utilizada em framboesas sem prejudicar a atividade respiratória e produção de etileno.

Tabela 1 - Média da atividade metabólica de framboesas "Autumn Bliss" irradiadas e armazenadas a 0°C e 90% UR, por 17 dias

Tratamentos	Respiração mL CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹	Produção de etileno µL C ₂ H ₄ kg ⁻¹ h ⁻¹
Irradiação (kGy)		
0	28,98 a	7,05 a
0,5	27,72 a	7,10 a
1,0	27,66 a	8,00 a
2,0	25,80 a	7,05 a
Pr>Fc	0,8155	0,2163
Dias após a pós-colheita		
0	111,65 a	18,03 a
1	42,72 b	11,15 b
3	11,18 c	2,14 e
5	11,24 c	3,63 e
7	13,25 c	5,72 d
9	14,05 c	5,85 d
11	14,23 c	4,27 d
13	12,02 c	4,58 d
15	15,20 c	8,85 c
17	17,90 c	12,26 b
Pr>Fc	0,0000	0,0000
CV (%)	21,23	29,79

Médias seguidas pela mesma letra dentro da coluna não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Os frutos apresentaram redução da acidez titulável ao longo do período avaliado, independentemente do tratamento, contudo, aqueles irradiados a 2 kGy tiveram a maior redução (Figura 4). Frutos não irradiados e irradiados a 0,5 e 1,0 kGy não diferiram entre si para essa variável.

A redução da acidez pode estar associada ao pequeno conteúdo de açúcares na sua composição, fazendo com que, na pós-colheita, a framboesa utilize preferencialmente os ácidos orgânicos como substrato respiratório e como esqueleto de carbono para síntese de novos compostos, assim como foi verificado em morangos (HUSSAIN; DAR; WANI, 2012). Quanto à dose da

radiação, foi verificado que 2,0 kGy intensificou a redução dos ácidos orgânicos da framboesa. Como esse comportamento não está relacionado à atividade respiratória, possivelmente ele esteja ligado à síntese de compostos voláteis. Entretanto, mais estudos são necessários para confirmar essa suposição.

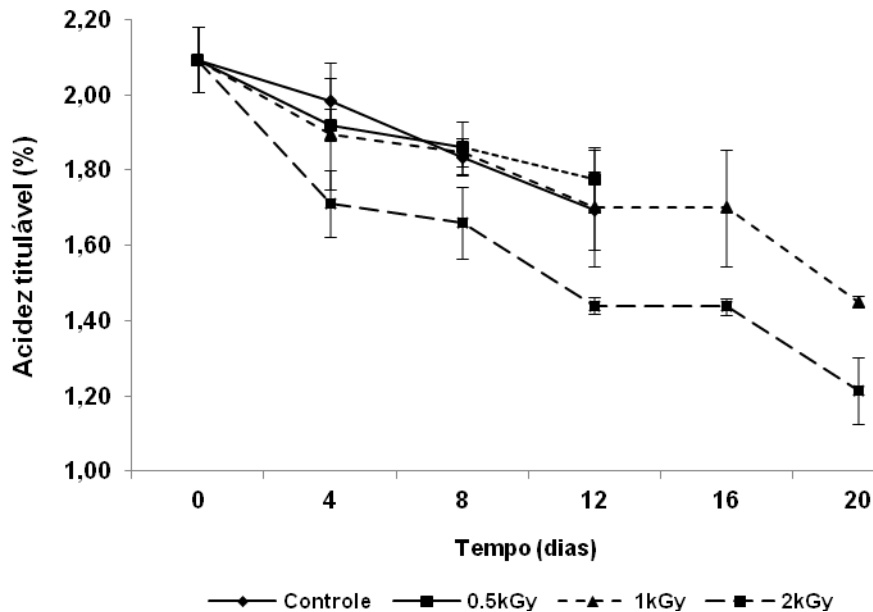


Figura 4 – Acidez titulável de framboesas 'Autumn Bliss' tratadas com diferentes doses de radiação gama e armazenadas a $0\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $90\pm 5\%$ UR. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=4$)

A firmeza dos frutos apresentou redução superior a 30% do dia da colheita (dia 0) para o dia 4, independentemente do uso e da dose da radiação (Figura 5). Do dia 4 ao 20 a firmeza ficou constante, não ocorrendo diferença entre os tratamentos.

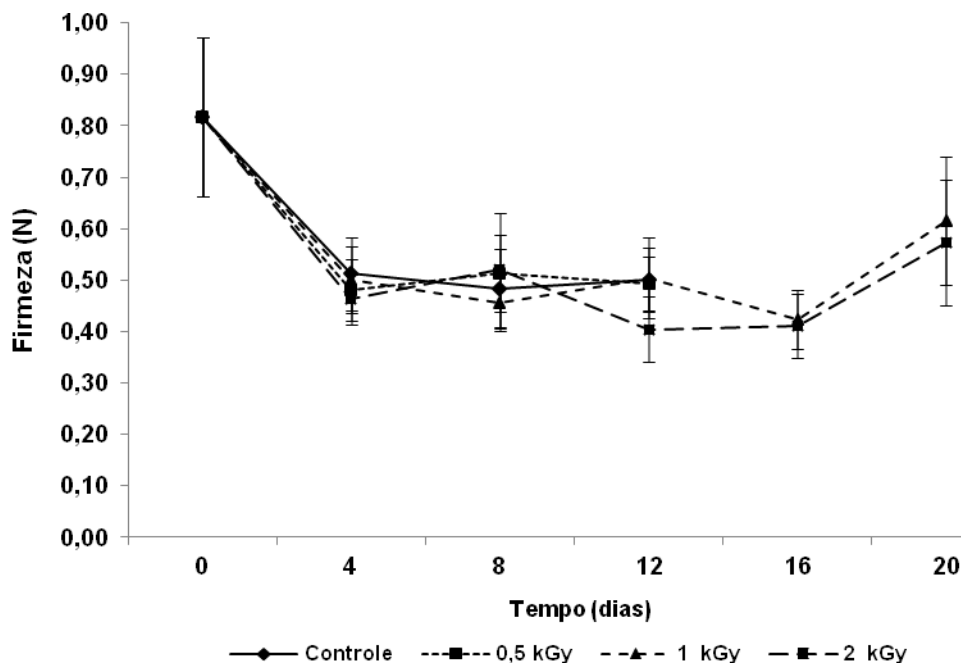


Figura 5 – Firmeza de framboesas ‘Autumn Bliss’ tratadas com diferentes doses de radiação gama e armazenadas a $0\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $90\pm 5\%$ UR. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=4$)

Quanto à solubilização das pectinas, houve aumento da sua porcentagem do dia 0 ao 8, sendo que neste dia, os menores valores de solubilização foram dos frutos irradiados a 1,0 e 2,0 kGy, os quais diferiram dos frutos não irradiados (Figura 6). A partir do 8º dia houve redução na solubilização das pectinas, sendo que frutos irradiados, independentemente da dose, apresentaram os menores valores.

A rápida redução da firmeza é uma importante mudança pós-colheita da framboesa, sendo necessário controlá-la com técnicas de conservação. No entanto, o uso a radiação não foi eficiente em retardar a perda inicial da firmeza e o aumento da solubilização de pectinas. Possivelmente, a energia proveniente da radiação gama não tenha atuado na atividade das enzimas que degradam ou solubilizam a parede celular. Esses resultados são contrários aos encontrados por Guimarães et al. (2013), que observaram que doses crescentes de irradiação (de 0,5 a 2,0 kGy) reduziram a firmeza dos frutos de framboesa ‘Autumn Bliss’.

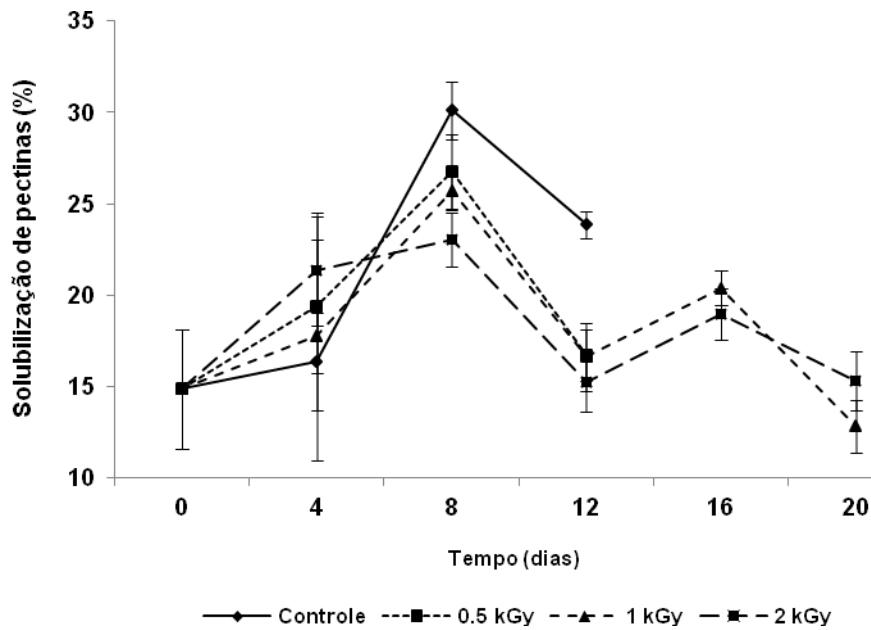


Figura 6 – Solubilização de pectinas de framboesas 'Autumn Bliss' tratadas com diferentes doses de radiação gama e armazenadas a $0\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $90\pm 5\%$ UR. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=4$)

O IC das framboesas não foi influenciado pelos tratamentos (Figura 7). Observou-se que do dia 0 para o 4, o índice aumentou 37,5% e ficou constante a partir de então. Isso é congruente com os outros dados encontrados, tendo em vista que o principal pigmento da framboesa são as antocianinas.

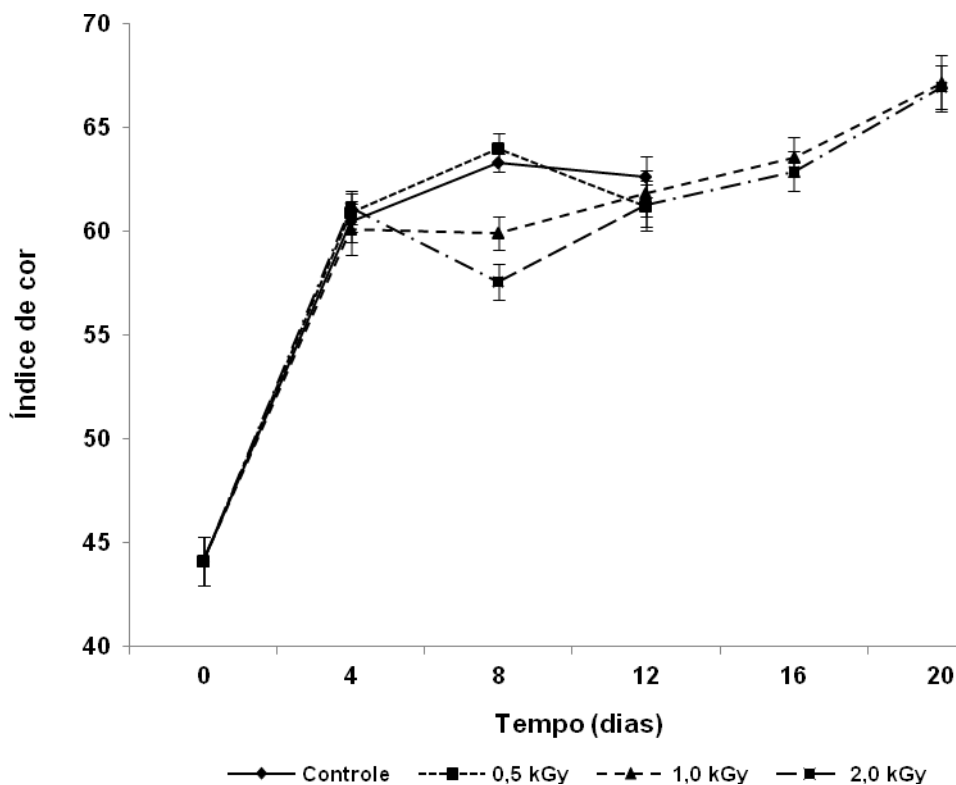


Figura 7 – Índice de cor de framboesas 'Autumn Bliss' tratadas com diferentes doses de radiação gama e armazenadas a $0\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $90\pm 5\%$ UR. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=4$)

De acordo com os resultados encontrados, a aplicação de 0,5 kGy aumentou o teor de antocianinas nos frutos, diferindo dos demais (Figura 8). Quanto à quercetina, foi observado que frutos não irradiados e irradiados a 0,5 kGy apresentaram teores mais elevados, de modo que ambos diferiram dos irradiados a 1,0 e 2,0 kGy (Figura 9). Ao longo do período analisado, observamos aumento do teor dos dois flavonoides até 12º dia. A partir de então, o teor de antocianinas ficou constante e o de quercetina decresceu.

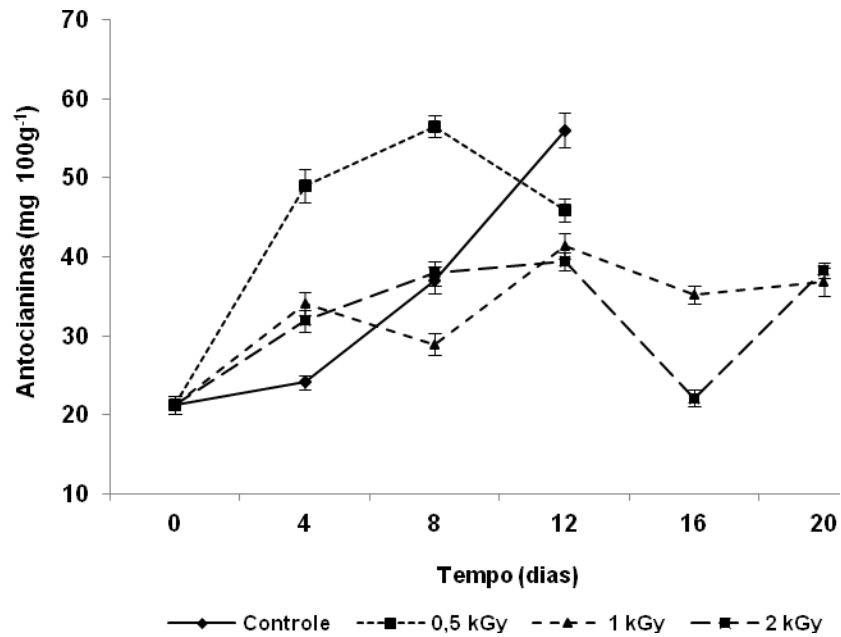


Figura 8 – Teor de antocianinas de framboesas 'Autumn Bliss' tratadas com diferentes doses de radiação gama e armazenadas a 0 ± 1 °C e $90\pm 5\%$ UR. Barras verticais representam o erro padrão da média (n=4)

Diferentemente do observado nesse trabalho, em pêssegos (Hussain et al., 2008), morangos (HUSSAIN; DAR; WANI, 2012) e ameixas (HUSSAIN; DAR; WANI, 2013) irradiadas houve aumento do teor de antocianinas, o que foi mediado pelo aumento da produção de etileno e, conseqüentemente, da atividade das duas enzimas chaves da biossíntese da antocianina: fenilalanina amônia-liase (PAL) e glucosiltransferase (GT) (HUSSAIN et al., 2008).

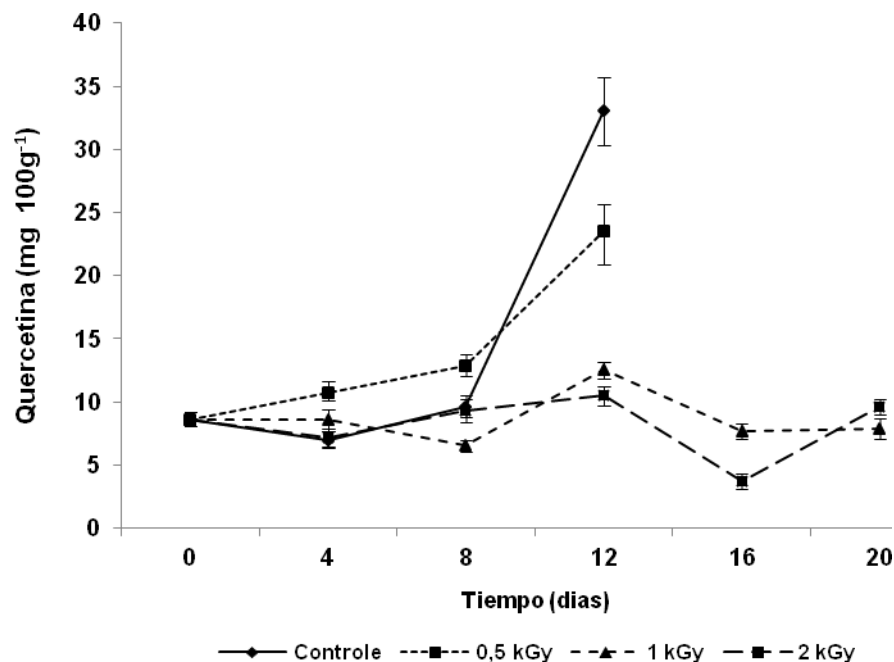


Figura 9 – Teor de quercetina de framboesas 'Autumn Bliss' tratadas com diferentes doses de radiação gama e armazenadas a $0\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $90\pm 5\%$ UR. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=4$)

Como as framboesas não elevaram a produção de etileno com o aumento da dose de radiação, também não houve aumento na biossíntese da antocianina. No entanto, o teor de quercetina das framboesas foi influenciado pelo uso da radiação gama. A diminuição da quercetina dos frutos irradiados a 1,0 e 2,0 kGy pode ter ocorrido em função da exposição a condições oxidativas mais drásticas, pois assim como o ácido ascórbico, a quercetina tem como principal função a remoção de radicais livres (LAKHANPAL; RAI, 2007). Quanto ao comportamento ao longo do período avaliado, observamos que os dois flavonoides aumentaram o teor até o dia 12, o que pode estar relacionado com a redução da acidez titulável.

5 CONCLUSÃO

O uso da radiação gama associado ao armazenamento refrigerado pode ser utilizado em framboesa 'Autumn Bliss' para aumentar a vida útil das frutas, sendo que a dose de 1,0kGy é a mais recomendada. Nestas condições a vida útil dos frutos pode ampliada em mais 8 dias.

REFERÊNCIAS

- ARTHUR, V.; WIENDL, FM. Desinfestação de maçãs atacadas por *Anastrepha fraterailus* (Wied.) (Diptera: Tephritidae) através das radiações gama do Cobalto-60. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 25, n.I, p. 157-159, 1996.
- ANTUNES, C. Caderno de Economia do Jornal Expresso. 2006. 18p.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). RDC nº 21, de 26 de janeiro de 2001. Aprova o Regulamento técnico para irradiação de alimentos. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 26 jan. 2001. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/21_01rdc.htm>. Acesso em: 12 set., 2011.
- BRÁS DE OLIVEIRA, P.; VALDIVIESSO, T.; ESTEVES, A.; MOTA, M.; LOPES DA FONSECA, L. A planta de framboesa: Morfologia e fisiologia. **Folhas de Divulgação Agro 556**, Oeiras, v. 1, n. 12, p. 24-25, 2007.
- BEEKWILDER, J.; JONKER, H.; MEESTERS, P.; HALL, R.D.; VAN DER MEER, I.M.; DE VOS, C.H.R. Antioxidants in raspberry: On-line analysis links antioxidant activity to a diversity of individual metabolites. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Columbus, v. 53, p. 3313–3320, 2005.
- BITTER, T.; MUIR, H.M. A modified uronic acid carbazole reaction. **Analytical Biochemistry**, London, v.4, p.330-334, 1962.
- BOBINAITE, R.; VISKELIS, P.; RIMANTAS VENSKUTONIS, P. Variation of total phenolics, anthocyanins, ellagic acid and radical scavenging capacity in various raspberry (*Rubus spp.*) cultivars. **Food Chemistry**, Amsterdam, v.132, p. 1495–1501, 2012.
- CALBO, A.G.; NERY, A.A. Medida de firmeza de hortaliças pela técnica de aplanção. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 13, p.14-18, 1995.
- CANTILLANO, R.F.F. **Pequenas Frutas: Manuseio e Qualidade Pós-colheita**, Pelotas. Embrapa Clima Temperado, 2011. (Documento, 338.)
- CANTILLANO, R.F.F.; FLORES CASTAÑEDA, L.M.; ROSA DE OLIVEIRA T.; PEREIRA SCHUNEMANN A.P. **Qualidade físico-química e sensorial de cultivares de morango durante o armazenamento refrigerado**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. 25p.
- CARVALHO, C.R.L.; MANTOVANI, D.M.B.; CARVALHO, P.R.N.; MORAES, R.M.M. **Análises químicas de alimentos**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1990. 121p.
- CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: UFLA, 2005. 783p.

DALE, A.; MOORE, P.P.; MCNICOL, R.J; SJULIN, T.M.; BURMISTROV, L. A. Genetic diversity of red raspberry varieties throughout the world. **Journal American Society Horticultural Science**, Ontario, v. 118, p. 119-129, 1993.

DAVEY, M.W.; MONTAGU, M.V; INZÉ, D.; SANMARTIN, M.; KANELIS, A.; SMIRNOFF, N.; BENZIE, I.J.J.; STRAIN, J.J.; FAVELL, D.; FLETCHER, J. Plant l-ascorbic acid: chemistry, function, metabolism, bioavailability and effects of processing. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Gent, v. 80, n. 7, p. 825-860, 2000.

DILEY, D.R. Enzymes. In: HULME, A.C. **The biochemistry of fruits and their products**. London: Academic Press, 1970. p. 159-178.

DAMAYANTI, M.; SHARMA, G.J.; KUNDU, S.C. Gamma-radiation influences postharvest disease incidence of pineapple fruits. **Hortscience**, Imphal, v. 27, n. 7, p. 807-808, 1992.

DUVENHAGE, A.J.; JOOSTE, M.; JOHNSON, S.A. Irradiation as a postharvest quarantine treatment for a new pluot cultivar. **Scientia Horticulturae**, Netherlands, v. 147, p. 64-70, 2012.

FAN, X.; SOMMERS, C.H. **Food irradiation research and technology**, 2nd ed. Iowa: Wiley-Blackwell, 2013, 446p.

FAO. **Food and Agriculture Organization**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em 20 jul., 2011.

FABBRI, A.D.T. **Estudo da radiação ionizante em tomates in natura e no teor de licopeno do molho**. 2009. 83p. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Energia Nuclear) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

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

FISCHER, R.L.; BENNETT, A.B. Role of cell wall hydrolases in fruit ripening. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo alto, 1991, v. 42, p. 675-703, 1991.

FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, cidade, v. 6, p. 36-41, 2008.

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

JENNINGS, DL. **Raspberries and blackberries: their breeding, diseases and growth**. London: Academic Press, 1988. 195p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA. Disponível em:
<http://www.ibraf.org.br/estatisticas/est_frutas.asp> Acesso em: 14 jan. 2012

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

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

HAGENMAIER, R.D.; BAKER, R.A. Microbial population of shredded carrot in modified atmosphere packaging as related to irradiation treatment. **Journal of Food Science**, Hoboken, v. 63, n.1, p. 162-164, 1998.

HAJARE, S.N.; SAXENA, S.; KUMAR, S.; WADHAWAN, S.; MORE, V.; MISHRA, B.B.; PARTE, M.N.; GAUTAM, S.; SHARMA, A. Quality profile of litchi (*Litchi chinensis*) cultivars from India and effect of radiation processing. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 79, p. 994 –1004, 2010.

HOWARD, P. **Atmósfera modificada en frambuesas**. 1986. 76p. Tese, (Doctorado en Agronomía) - Facultad de Agronomía, Universidad Católica de Chile, Santiago, 1986.

HUSSAIN, P.R.; MENNA, R.S.; DAR, M.A.; WANI, A.M. Studies on enhancing the keeping quality of peach (*Prunus persica* Bausch) Cv. Elberta by gamma-irradiation. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 77, n. 4, p. 473-481, 2008.

HUSSAIN, P.R.; DAR, M. A.; WANI, A.M. Effect of edible coating and gamma irradiation on inhibition of mould growth and quality retention of strawberry during refrigerated storage. **International Journal of Food Science and Technology**, Chichester, v. 47, n. 11, p. 2318-2324, 2012.

_____. Impact of radiation processing on quality during storage and post-refrigeration decay of plum (*Prunus domestica* L.) cv. Santarozza. **Radiation Physics and Chemistry**, Zakura, v. 85, p. 234-242, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Framboesa dados 2007. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 04 jan. 2013.

KAFERSTEIN, F.K.; MOY, G.G. Public health aspects of food irradiation. **Journal of Public Health Policy**, United Kingdom, v. 14, p. 149-163, 1993.

KALT, W. Effects of production and processing factors on major fruit and vegetable antioxidants. **Journal of food science**, Kentville, v. 70, p. 11–19, 2005.

LAKHANPAL, P.; RAI, D. K. Quercetin: A versatile flavonoid. **Internet Journal of Medical Update**, Mauritius, v. 2, n. 2, p. 22-37, 2007.

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

LEE, D.H.; FRANCIS, F.J. Standardization of pigment analyses in cranberries. **HortScience**, Stanford, v. 7, n. 1, p. 83-84, 1972.

LIU, M.; LI, X.Q.; WEBER, C.; LEE, C.Y.; BROWN, J.; LIU, R.H. Antioxidant and antiproliferative activities of raspberries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 8, n. 50, p. 2926-30, 2002.

LILA, M.; RASKIN, I. Health-related interactions of phytochemicals. **Journal of Food Science and Technology**, Beltsville, v. 70, p. 20-27, 2005.

LOAHARANU, P. Cost benefit aspects of food irradiation. **Food Technology**, Chicago, v. 48, n. 1, p. 104-108, 1994.

MATIN, M.A.; BHUIYA, A.D.; AMIN, M.R.; MALEK, M.A. Irradiation of onions, pulses and dried fish: process control, storage, test marketing and economic analysis of the process, 1996.

MANOEL, L. **Irradiação e refrigeração na conservação de bananas 'Prata' e 'Nanica' climatizadas**. 2005. 83p. (Dissertação de Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu. 2005.

MACKENZIE, K.A.D. The structure of the fruit of red raspberry (*Rubus idaeus* L.) in relation to abscission. **Annals of Botany**, Oxford, v. 43, p. 355-362, 1979.

MAXIE, E.C.; SOMMER, N.F.; MITCHELL, F.G. Chemical. Effect of gamma radiation on rate of ethylene and carbon dioxide evolution by lemon fruit. **Plant Physiology**, California, v. 40, n. 3, p. 407-409, 1965.

MAXIE, E.C.; SOMMER, N.F.; MITCHELL, F.G. Chemical, economic, physical and physiological limitations to irradiation of fruits. In: DESINFESTATION OF FRUITS BY IRRADIATION, Vienna, 1993. **Anais...** Vienna: Internacional Atomic Energy Agency, 1973. p.93-100.

MITCHAM, E.J.; CRISOSTO, C.H.; KADER, A.A. Bushberry: blackberry, blueberry, cranberry, raspeberry: recomendations for maintaining postharvest quality. Disponível em:
<<http://postharvest.ucdavis.edu/produce/productcefacts/fruit/berry>. html>.
Acesso em: 15 jul., 2011.

MCCREADY; MCCOMB, E.A. Extraction and determination of total pectic materials in fruits, **Analytical Chemistry**, Albany, v. 24, p. 86-88, 1952.

MORALES C.G. Aspectos relevantes de la producción de frambuesa (*Rubus idaeus* L.). **Boletín INIA**, Villa Alegre. n.192, p. 29-30, 2009.

MOY, J.H.; KANESHIRO, K.Y.; OHTA, A.T.; NAGAI, N.Y. Radiation disinfestation of California stone fruits infested by medfly effectiveness and fruit quality. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 48, n. 3, p. 928-934, 1983.

MULLEN, W.; LEAN, M. E. J.; CROZIER, A. Rapid characterization of anthocyanins in red raspberry fruit by high-performance liquid chromatography coupled to single quadrupole mass spectrometry. **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, v. 966, p. 63–70, 2002.

NORMA General del Codex para Alimentos Irradiados (CODEX STAN 106-1983, Rev.1- 2003).

PAGOT, E.; HOFFMANN, A. Produção de pequenas frutas no Brasil. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO SOBRE PEQUENAS FRUTAS, 1., 2003, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2003. p. 7-15.

PAGOT, E.; ILHA, L. Cultivo da framboesa. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO SOBRE PEQUENAS FRUTAS, 2007, Vacaria. **Anais...** Vacaria: Embrapa Uva e Vinho, 2007. p. 53-56.

PEREZ, C.F. **Irradiación de alimentos en España**. Valencia: Unidad Técnica de Protección Radiológica, 2005. p.1-23.

PERKINS-VEAZIE, P.; NONNECKE, G. Physiological changes during ripening of raspberry fruit. **Hortscience**, Alexandria, v. 27, p. 331-333, 1992.

PRITTS, M. **Raspberries and related fruit**. Disponível em: <www.fruit.cornell.edu>. Acesso em: 15 jul., 2013.

RASEIRA, M.C.B.; GONÇALVES, E.D.G.; TREVISAN, R.; ANTUNES, L.E.C. **Aspectos técnicos da cultura da framboeseira**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado 2004. 24p.(Documento, 120)

REEVE, R.M. Fruit histogenesis in *Rubus strigosus*. I. Outer epidermis, pulp and receptacle parenchyma. **American Journal of Botany**, St. Louis, v. 41, p.152-160, 1954.

ROBBINS, J.A.; MOORE, P. 1990. Color Change in Fresh Red Raspberry Fruit Stored at 0, 4.5, or 20C. **Hortscience**, Puyallup, v. 25, p. 1623-1624, 1990.

SANTOS, A.M.G.; OLIVEIRA, S.M.A.; SILVA, J.M.; TERAPO, D. Podridão por *Fusicoccum* em mangas submetidas a baixas doses de radiação gama. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Recife, v. 45, n. 10, p. 1066-1072, 2010.

SEXTON, R.; PALMER, J.M.; WHYTE, N.A.; JOHNS, S.L. Cellulase, Fruit Softening and Abscission in Red Raspberry *Rubus idaeus* L. cv Glen Clova. **Annals of Botany**, Oxford, v. 80, p. 371-376, 1997.

SJULIN, T.; ROBBINS, J. Effects of maturity, harvest date and storage time on post-harvest quality of red raspberry fruit. **Journal of the American Society for Horticultural Sciences**, Alexandria, v. 112, p. 481-487, 1987.

- SOUZA, M.B. Framboesa: qualidade pós-colheita. **Folha de Divulgação AGRO**, n. 556, p. 6. 2007.
- SOUZA, A.V.; KOHATSU, D.S.; LIMA, G.P.P.; VIEITES, R. L. Conservação pós-colheita de pêssego com o uso da refrigeração e da irradiação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 4, p. 1184-1189, 2009.
- SRITANANAN, S.; UTHAIRATANAKIJ, A.; JITAREERAT, P.; PHOTCHANACHAI, S.; VONGCHEEREE, S. Effects of irradiation and chitosan coating on physiological changes of mangosteen fruit stored at room temperature. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM "NEW FRONTIER OF IRRADIATED FOOD AND NON-FOOD PRODUCTS", Bangkok, 2005. **Anais...** Bangkok: KMUTT, 2005, p. 22-23.
- STRIK, B.C. Berry crops: worldwide area and production systems. In: ZHAO, Y. (Ed.) **Berry Fruit: value-added products for health promotion**, New York: CRC press –Taylor & Francis, 2007. p. 3-49.
- TALCOTT, S.T. Chemical components of berry fruits. In: ZHAO, Y. (Ed.) **Berry Fruit: value-added products for health promotion**. New York: CRC press – Taylor & Francis Group, 2007, p. 51-72.
- TEZZOTTO, J.V. **Métodos de conservação de framboesa *in natura***. 2012. 95p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luis de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.
- THOMAS, P. Radiation preservation of foods of plant origin. III. Tropical fruits: bananas, mangoes and papayas. **Critical Review in Food Science and Nutrition**, Bombay, v. 23, n. 2, p. 147-205, 1986.
- THOMAS, P. Irradiation of strawberries: a compilation of technical data for its authorization and control. In: MEETING OF THE INTERNATIONAL CONSULTATIVE GROUP OF FOOD IRRADIATION, Geneva, 1993. **Anais...** Geneva: WHO, 1993, p.37.
- USDA (United States Department of Agriculture). **National Nutrient Database for Standard Reference**. Disponível em: <<http://www.ars.usda.gov/ba/bhnrc/ndl>>. Acesso em: 20 fev., 2010.
- VICENTE, A.R.; COSTA M.L.; MARTINEZ, G.A. Effect of heat treatments on cell wall degradation and softening in strawberry fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Orlando, v. 38, n. 3, p. 213-222, 2005.
- VICENTE, A.R.; ORTUGNO, C.; POWELL, A.L.T.; GREVE, L.C.; LABAVITCH, J.M. Temporal sequence of cell wall disassembly events in developing fruits. 1. Analysis of raspberry (*Rubus idaeus*). **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, California, v. 55, p. 4119–4124, 2007.
- VENDRÚSCULO, J.L.S. Processamento de morango e demais pequenas frutas. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO;2., ENCONTRO DE

PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS,1., 2004. Pelotas, **Anais...**
Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004, p.133-143

VILAS BOAS, E.V.B. **Avaliação nutricional dos alimentos.** Lavras:
UFLA/FAEPE/DCA, 2000. 47p.

VIEIRA, O.J. **Efeitos da radiação gama em banana prata (Musa sp. Grupo AAB) irradiada em diferentes graus de maturidade e armazenada em condição ambiente e em camará fria.**1995. 122p. Tese (Doutorado em Ciências) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

WHO (World Health Organization). **High-dose irradiation:** wholesomeness of food irradiated with doses above 10 kGy. Switzerland: WHO, 1999. 197p

WONG, P.Y.Y.; KITTS, D.D. Factors influencing ultraviolet and electron beam irradiation-induced free radical damage of ascorbic acid. **Food Chemistry**, Vancouver, v. 74, n. 1, p.75-84, 2001.