

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
CENTRO DE ENERGIA NUCLEAR NA AGRICULTURA**

DIOGO MARQUES

**Efeitos da radiação gama na conservação e características
físico-químicas de lichia (*Litchi chinensis* Sonn.)**

PIRACICABA

2015

DIOGO MARQUES

Efeitos da radiação gama na conservação e características físico-químicas de lichia (*Litchi chinensis* Sonn.)

Versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011

Dissertação apresentada ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo para obtenção de Mestre em Ciências (Versão corrigida)

Área de Concentração: Energia Nuclear na Agricultura

Orientador: Prof. Dr. Valter Arthur

Piracicaba

2015

AUTORIZO A DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Seção Técnica de Biblioteca - CENA/USP

Marques, Diogo

Efeitos da radiação gama na conservação e características físico-químicas de lichia (*Litchi chinensis* Sonn.) / Diogo Marques; orientador Valter Arthur. - - versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2015.

56 p. : il.

Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Ciências. Área de Concentração: Energia Nuclear na Agricultura e no Ambiente) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo.

1. Conservação de alimentos 2. Frutas tropicais 3. Irradiação de alimentos 4. Pós-colheita 5. Química analítica 6. Vida-de-prateleira 7. Vitamina C I. Título

CDU 664.8/.9 : 634.652.2

AGRADECIMENTOS

Ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao Prof. Dr. Valter Arthur pela orientação, apoio e aconselhamento indispensáveis durante este período.

Aos meus pais Marcos Omir Marques e Roseli Aparecida Sesso Marques, pelo apoio e incentivo constantes ao longo do curso.

Aos meus avós Alcides e Ruth pelo suporte durante a minha estadia em Piracicaba.

Aos meus colegas de laboratório e amigos Gianni, Aline, Dâmaris, André e Juliana, pela ajuda nos momentos difíceis, pela companhia e diversão ao longo dos anos de convivência.

À Técnica do Laboratório Lúcia Cristina, pela ajuda com as inúmeras análises realizadas.

Aos demais membros da família e aos demais amigos que compartilharam os momentos bons e ruins.

“Conhecimento, como ar, é essencial à vida. Como ar, não deve ser negado a ninguém.”

Alan Moore

RESUMO

MARQUES, D. **Efeitos da radiação gama na conservação pós-colheita e características físico-químicas de lichia (*Lichi chinensis* Sonn.)**. 2015. 56 p. Dissertação (Mestrado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

A lichia é uma fruta exótica de origem chinesa que cada vez mais tem ganhado espaço no mercado interno brasileiro, contudo problemas de pós-colheita existentes prejudicam a comercialização e a exportação de forma significativa. Diversos métodos são utilizados na tentativa de controlar estes problemas, um destes sendo a irradiação ionizante. Desta forma este trabalho tem como objetivo avaliar os efeitos de diferentes doses de radiação e de diferentes temperaturas nas características físico-químicas de frutos de lichia. Os frutos foram obtidos com produtores da região de Piracicaba e irradiados no Centro de Energia Nuclear na Agricultura em uma fonte de ^{60}Co em um irradiador GammaCell 220 nas doses de 0 (testemunha), 0,5kGy, 1,0kGy e 2,0kGy com uma taxa de 0,259 kGy/h. Foram realizadas análises de pH, de cor da casca e da polpa, de teor aparente de sólidos solúveis, de acidez total e de teor de ácido ascórbico. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância através de teste F a 95% de confiança e posteriormente a teste de Tukey a 5% de significância. As doses de irradiação apresentaram resultados variados dependendo da característica analisada, porém a dose de 1,0kGy apresentou os resultados mais favoráveis no geral. A redução da temperatura causou alterações desejáveis nos parâmetros estudados. Concluiu-se que os frutos de lichia armazenados a 8°C e irradiados a 1,0 kGy apresentaram melhoria significativa.

Palavras-chave: Irradiação. Fruta exótica. Vida-de-prateleira

ABSTRACT

MARQUES, D. **Effects of gamma radiation in postharvest conservation and physicochemical characteristics of litchi fruits (*Litchi chinensis* Sonn.)**. 2015. 56 p. Dissertação (Mestrado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

The lychee is a Chinese exotic fruit that has increasingly gained ground in the Brazilian domestic market, however existing post-harvest problems hinder the marketing and export significantly. Various methods are used in attempts to control these problems, one of these being ionizing irradiation. Thus this work aims to evaluate the effects of different radiation doses and different temperature on the physicochemical characteristics of litchi fruit. The fruits were obtained with producers of Piracicaba region and irradiated in the Center for Nuclear Energy in Agriculture into a source of ^{60}Co in Gammacell 220 radiator at doses of 0 (control), 0.5kGy, 1.0kGy and 2.0kGy at a rate of 0,259kGy / hr. Were performed pH analyzes, color ratings, apparent soluble solids content measurement, total acidity and ascorbic acid content measurement. The obtained results were submitted to variance analysis by F test at 95% confidence and later to Tukey test at 5% significance. The irradiation doses showed varied results depending on the characteristic analyzed, but the dose of 1.0kGy presented the most favorable results in general. The temperature reduction caused desirable changes in the studied parameters. It was concluded that fruits stored at 8°C and irradiated at 1.0 KGy exhibited significant improvement in the physicochemical characteristics of the litchi fruits.

Keywords: Irradiation. Exotic fruit. Shelf Life

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Médias dos valores obtidos de pH de polpa extraída de lichias, avaliadas de acordo com as doses aplicadas de radiação gama e a testemunha.....	31
Tabela 2 -	Médias dos valores obtidos de pH de polpa extraída de lichias, avaliadas de acordo com a época de avaliação.....	33
Tabela 3 -	Médias dos valores obtidos de pH de polpa extraída de lichias, avaliadas no trigésimo dia de acordo com a temperatura de armazenamento.....	34
Tabela 4 -	Médias dos valores obtidos de sólidos solúveis (°Brix) de polpa extraída de lichias, avaliadas de acordo com testemunha e as doses aplicadas de radiação.....	34
Tabela 5 -	Médias dos valores obtidos de sólidos solúveis (°Brix) de polpa extraída de lichias, avaliadas de acordo com a época de avaliação.....	35
Tabela 6 -	Médias dos valores obtidos de sólidos solúveis (°Brix) de polpa extraída de lichias, avaliadas de acordo com a temperatura de armazenamento.....	36
Tabela 7 -	Médias dos valores obtidos de acidez total (% de ácido tartárico) de polpa extraída de lichias, avaliadas de acordo com as doses aplicadas de radiação gama.....	36
Tabela 8 -	Médias dos valores obtidos de acidez total (% de ácido tartárico) de polpa extraída de lichias, avaliadas de acordo com a época de avaliação.....	37
Tabela 9 -	Médias dos valores obtidos de acidez total (% de ácido tartárico) de polpa extraída de lichias, avaliadas de acordo com a temperatura de armazenamento.....	37
Tabela 10 -	Médias dos valores dos parâmetros de cor (L*, a* e b*) da casca de lichias, avaliadas de acordo com as doses aplicadas de radiação gama.	38
Tabela 11 -	Médias dos valores dos parâmetros de cor (L*, a* e b*) da casca de lichias, avaliadas de acordo com a época de avaliação.....	41

Tabela 12 - Médias dos valores dos parâmetros de cor (L^* , a^* e b^*) da casca de lichias, avaliadas de acordo com a temperatura de armazenamento.....	42
Tabela 13 - Médias dos valores dos parâmetros de cor (L^* , a^* e b^*) da polpa de lichias, avaliadas de acordo com a dose aplicada de radiação gama.....	43
Tabela 14 - Médias dos valores dos parâmetros de cor (L^* , a^* e b^*) da polpa de lichias, avaliadas de acordo com a época de avaliação.....	46
Tabela 15 - Médias dos valores dos parâmetros de cor (L^* , a^* e b^*) da polpa de lichias, avaliadas de acordo com a temperatura de armazenamento.....	47
Tabela 16 - Médias dos valores do teor de ácido ascórbico (mg/100g de lichia) da polpa de lichias, avaliadas de acordo com a dose aplicada de radiação gama.....	48
Tabela 17 - Médias dos valores do teor de ácido ascórbico (mg/100g de lichia) da polpa de lichias, avaliadas de acordo com a época de avaliação.....	49
Tabela 18 - Médias dos valores do teor de ácido ascórbico (mg/100g de lichia) da polpa de lichias, avaliadas de acordo com a temperatura de armazenamento.....	49

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	15
2.	OBJETIVO.....	16
3.	REVISÃO DA LITERATURA.....	17
3.1	A Lichia.....	17
3.2	Irradiação de Alimentos.....	19
3.2.1	Radiações Ionizantes.....	21
3.2.2	Fontes de Radiação.....	21
3.2.3	Classificação das irradiações.....	22
3.3	Irradiação de Frutas.....	23
3.4	Irradiação de Lichia.....	24
4.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	27
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
5.1	pH.....	31
5.2	Sólidos Solúveis.....	34
5.3	Acidez Total.....	36
5.4	Cor da Casca.....	38
5.5	Cor da Polpa.....	43
5.6	Ácido Ascórbico.....	47
6.	CONCLUSÕES.....	50
	REFERÊNCIAS.....	51

1. INTRODUÇÃO

A lichia (*Litchi chinensis* Sonn.) é uma fruta exótica da família Sapindaceae de origem chinesa e clima subtropical. É um fruto do tipo drupa formado pelo desenvolvimento do arilo cuja polpa apresenta coloração branca e cujo pericarpo apresenta coloração avermelhada (MARTINS, 2005; SANTOS, 2009).

Apesar de ainda não ser particularmente bem conhecida no Brasil, é um produto bem aceito em diversos países, fato que, somado ao crescente mercado consumidor interno tem gerado aumento na sua produção, voltada principalmente para a exportação (DEL AGUILA, 2009).

Contudo, a exigência de produtos de qualidade vinda de países importadores e a existência de problemas que afetam a vida de prateleira do produto e a sua qualidade visual, fez-se a necessidade da adoção de práticas de pós-colheita que atuassem na solução de tais problemas (WILEY, 1994).

Os principais problemas da lichia é a curta vida de prateleira, que limita o seu tempo de comercialização e o rápido escurecimento do pericarpo que diminui a sua atratividade para o consumidor em potencial (WILEY, 1994).

Os métodos eficientes na solução destes problemas utilizam refrigeração e substâncias como ácido ascórbico. Desta forma se faz necessária a combinação de vários métodos para aumentar a eficiência da conservação dos frutos.

O uso de radiação ionizante é amplamente conhecido e aplicado em diversas áreas (CARDOSO et al., 2008). O uso na indústria alimentícia é bastante conhecido e considerado totalmente seguro pelas organizações de regulamentação ao redor do mundo, porém é pouco empregado devido à desconfiança do consumidor para com o método (COUTO; SANTIAGO, 2010).

O uso da radiação gama é um método de tratamento pós-colheita a ser considerado na solução dos problemas observados na lichia, de forma que um estudo aprofundado é necessário para se garantir a certeza da eficiência.

2. OBJETIVO

Este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de diferentes doses de radiação gama e de diferentes temperaturas, nas características físico-químicas em frutos de lichia da variedade Bengal.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1 A Lichia

A lichieira (*Litchi chinensis* Sonn.) é uma planta da família Sapindaceae, arbórea, chegando a atingir de 10 a 12 metros de altura, de clima subtropical. O fruto, não-climatérico, denominado lichia, é do tipo drupa cuja parte comestível é formado pelo desenvolvimento do arilo, que representa de 70 a 80% do peso do fruto (Figura 1). As flores, de coloração branca, são dispostas em uma inflorescência do tipo panícula e o florescimento ocorre usualmente no período que vai do final do inverno até o começo da primavera (MARTINS, 2005; SANTOS, 2009; DEL AGUILA, 2009).



Figura 1: Fruto de Lichia
Fonte: Viva Saúde (2014)

É uma planta originária da província de Guangdong, no sul da China, onde é considerada fruta nacional. Chegou no Brasil em 1810, no Jardim Botânico da cidade do Rio de Janeiro, não apresentando nenhum tipo de dificuldade quanto à

adaptação (MARTINS, 2005; SANTOS, 2009; SIQUEIRA; SALOMÃO; CARVALHO, 2010).

Mesmo não sendo muito conhecida pela população consumidora no Brasil, a lichia tem um mercado potencial bastante grande e aceitação ao redor do mundo, inclusive Estados Unidos, Europa e até mesmo países produtores, devido à qualidade dos frutos e do período de comercialização que vai do final de novembro ao começo de janeiro (DEL AGUILA, 2009).

Os principais países importadores são China, Estados Unidos, Itália, Inglaterra, Holanda e Canadá, que produzem o equivalente a apenas 16% do que consomem, importando o restante (MANICA, 2002).

Apesar da crescente difusão da cultura e subsequente aumento na disponibilidade da fruta, esta tem sido reduzida por conta da variabilidade da colheita, que se dá por características genéticas e fisiológicas das plantas, e por conta dos problemas de pós-colheita que representam a maior parte do problema e reduzem significativamente a qualidade do produto “in natura” (HOLCROFT; MITCHAM, 1996).

A produção atual brasileira de lichia fica concentrada no Estado de São Paulo, principalmente na região da Alta Paulista, que se estende desde a cidade de Marília até as margens do Rio Paraná. A área de cultivo está expandindo gradativamente aos estados de Minas Gerais e Paraná. A colheita ocorre de novembro a janeiro, de modo que o consumo ocorre principalmente no período do Natal. A produção aumentou de 319 toneladas na safra 1999-2000 para 2.718 toneladas na safra de 2009-2010 (PIMENTEL; CELIM, 2011).

Na safra de 2007-2008 foi comercializada na CEAGESP uma quantidade total de 1.306 toneladas, o preço médio foi de R\$9,60 o quilo. Neste ano-safra o pico de preço foi atingido no mês de novembro, alcançando a marca de R\$13,89 o quilo da fruta (SOUZA, 2009). Segundo Del Aguila (2009), no período entre o ano de 1999 e o ano de 2008, uma caixeta de 3,5 kg no CEAGESP custava de R\$12,00 a R\$70,00. Martins (2005) menciona que o preço da caixeta de lichia no ano de 2004-2005 era de R\$22,66 o quilo, na média, e de 1994 a 2004 a quantidade de caixetas vendidas aumentou de 9.401 para 530.286.

As primeiras plantações de interesse comercial surgiram nas décadas de 1970 e 1980, e cresceu de forma que, em 1997 eram registrados 347 hectares de produção distribuídos pelos estados de Bahia, Minas Gerais, Paraná e São Paulo,

sendo este último o maior produtor do Brasil. Em 2004 estimava-se que a área plantada no Brasil já alcançasse os 1000 hectares (GARCIA-PEREZ; MARTINS, 2006).

No ano de 2012 a comercialização de lichia na CEAGESP foi de 974 toneladas, um crescimento de quase cinco vezes da produção de 2002, que contabilizava 181 toneladas (CEAGESP-HORTIBRASIL, 2014). Segundo Anjos, Valentini e Benato (2014), o estado maior produtor de lichia no Brasil é São Paulo.

3.2 Irradiação de Alimentos

As pesquisas iniciais utilizando tratamento de alimentos com irradiação no Brasil, foram realizadas durante a década de 60, pelo Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), em Piracicaba (SP)(OLIVEIRA, 2011).

Entretanto, apenas em junho de 1965, o Comitê de Energia Atômica estabeleceu que a irradiação de alimentos em doses de até 5,6Mrad (56kGy), usando fonte de Cobalto-60 ou elétrons com energias de até 10MeV (milhões de elétron-volts) era segura e adequada para o consumo destes alimentos irradiados (SOUZA; FONTAINHA, 2012).

Em 1985, quarenta países, entre eles o Brasil, aprovaram, por meio de suas autoridades de saúde, o processo de irradiação de alimentos. Contudo, a sua adoção praticamente se restringia às instituições de pesquisas, devido ao um número reduzido, no país, de especialistas no assunto (DE OLIVEIRA; SOARES; ALVES, 2013).

Em 1986, procedeu-se à substituição da unidade de radiação rad (radiation absorbed dose), equivalente à absorção de 1erg de energia por grama de material, pelo Gray (Gy), como a unidade de dose absorvida de radiação, adotada no Sistema Internacional, representando, assim, a quantidade de radiação correspondente à absorção de 1Joule de energia por quilograma (OKUNO, 2013).

A regulamentação brasileira existente sobre irradiação de alimentos se deu em 1973, tendo a edição de portarias complementares em 1985 e 1989. A Portaria nº. 09, de 08 de março de 1985, estabelece as normas gerais sobre irradiação de alimentos. Nesse documento, ficam estabelecidos o limite superior de irradiação de

10kGy, e a lista dos produtos aprovados para irradiação com suas respectivas doses (COUTO; SANTIAGO, 2010).

Atualmente, a Resolução nº 21 de 26 de janeiro de 2001, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), contem todas as normas para o emprego desta tecnologia, que não restringe quais alimentos podem ser irradiados, desde que a dose máxima absorvida seja inferior àquela capaz de comprometer as qualidades funcionais e sensoriais do alimento (BRASIL, 2001). Quanto à dose mínima, estabeleceu-se que seria a dose suficiente para alcançar o objetivo pretendido (SILVA et al., 2010).

Também, por intermédio da Resolução nº 21, fica estabelecido que todo produto tratado por energia ionizante deve ser rotulado, constando a frase: “alimento tratado por processo de irradiação” (COUTO; SANTIAGO, 2010). Internacionalmente, o ponto de referência para a solução de disputas sobre segurança alimentar e proteção do consumidor é o Codex Alimentarius (2003), ficando estabelecido, nessa Comissão, que a inclusão do símbolo internacional do uso da radiação ionizante, denominado **radura** (Figura 1) é opcional. Todavia, em 1986, o FDA (Food and Drug Administration) americano, tornou obrigatório o uso do **radura** e do texto escrito para comercialização de alimentos irradiados, nos EUA, com o intuito de informar os consumidores de que o alimento em questão foi tratado por irradiação ionizante. A informação da irradiação do alimento é necessária porque a radiação não deixa nenhum vestígio aparente indicando que o alimento foi processado impedindo que se identifique se um alimento foi irradiado pela aparência, cheiro ou pelo toque. Isto diferencia de outras técnicas de processamento, como cozinhar, enlatar ou congelar, processos em que o tratamento é detectável (RIBEIRO, 2007).



Figura 1 - Radura

Fonte: Couto e Santiago (2010)

3.2.1 Radiações ionizantes

As radiações que possuem energia suficiente para ionizar átomos ou moléculas são denominadas radiações ionizantes. Estes átomos ou moléculas passam pelo processo de ionização tornando-se íons positivos, se perder um ou mais elétrons, ou íons negativos, se ganhar um ou mais elétrons (OKUNO; YOSHIMURA, 2010).

Estudos envolvendo o uso de radiações como tratamento de alimentos não são considerados recentes, pois é de domínio público o fato de que carnes, peixes e vegetais há muitos séculos têm sido preservados utilizando-se a energia solar. Por outro lado, o uso de irradiações por infravermelho e as micro-ondas, para a mesma finalidade, são bem recentes (SILVA, 2008).

Dentre os benefícios obtidos com o uso da irradiação de alimentos, destacam-se: a inibição de brotamentos, no caso de hortaliças, retardo na maturação, no caso de frutas, redução da carga microbiana, eliminação de microrganismos patogênicos, esterilização, desinfecção de grãos, cereais, frutas e especiarias (CARDOSO et al., 2008; DE OLIVEIRA; SOARES; ALVES, 2013).

Além disso, aspectos toxicológicos e nutricionais têm apresentado segurança suficiente para o consumo de alimentos irradiados com doses de até 10kGy (DE OLIVEIRA; SOARES; ALVES, 2013). Adicionalmente, podem se incluir benefícios, como: melhora na higiene do alimento, redução de desperdícios, além da extensão da vida de prateleira (LEONEL, 2008).

3.2.2 Fontes de irradiação

O padrão geral para alimentos irradiados estabelece, que as fontes de radiação ionizante, utilizadas para o processamento de alimentos, sejam restritas aos fótons de energia mais elevada, provenientes ou de isótopos radioativos emissores de radiação gama, como o ^{60}Co (Cobalto 60) e ^{137}Cs (Césio 137), ou dos raios X com energias de até 5MeV ou ainda de elétrons acelerados com energias de até 10MeV (CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION, 2003).

A fonte mais comumente utilizada para a irradiação de alimentos por raios gama é o ^{60}Co . Ele é produzido por meio de bombardeamento, com nêutrons, do

metal Cobalto-59 em um reator nuclear. Outro elemento muito utilizado para essa finalidade é o ^{137}Cs , conhecido por emitir raios gama, adequados para o tratamento industrial de alimentos (DA COSTA; DELIZA; ROSENTHAL, 1999). Sua obtenção pode ser realizada por meio do reprocessamento de elementos combustíveis queimados. Entretanto, este é pouco utilizado, pois há incerteza na oferta deste produto por conta de possuir rápida solubilidade e de existirem poucas indústrias de reprocessamento no mundo. Os principais critérios de seleção dos rádio-nuclídeos utilizados como fontes de radiação gama são: as suas características físicas, as características da radiação emitida, disponibilidade, segurança e o preço (ESTEVES, 1997).

3.2.3 Classificação das irradiações

Existem três categorias nas quais a irradiação de alimentos se subdivide de acordo com a quantidade de radiação aplicada. Originalmente, em 1964, as subdivisões propostas foram: Radurização, Radiciação e Radapertização, mas os limites de dose não foram bem estabelecidos. No entanto, esta classificação caiu em desuso, sendo mais conveniente citar-se a dose e o objetivo da irradiação (CONDE; DAL BOSCO, 2013).

A radurização é o processo pelo qual o alimento é submetido a baixas doses de radiação, normalmente menores que 1kGy. Suas principais aplicações são: inibir brotamentos e retardar o processo de amadurecimento e deterioração em frutas e hortaliças aumentando a vida de prateleira de alimentos de origem vegetal, permitido também a comercialização dos produtos em períodos de entressafra ou quando há escassez do produto no mercado imposta razões diversas, além de agir em insetos (RIBEIRO, 2007; CARDOSO et al., 2008).

Radiciação é o tratamento do alimento com uma dose média de radiação variando de 1kGy até 10kGy, sendo suficiente para que ocorra a redução de bactérias e fungos presentes na superfície ou mesmo no interior dos alimentos. Considerando que proporciona redução apenas parcial da carga microbiana, os produtos radiciados ainda devem ser mantidos sob refrigeração (VICENTE; SALDANHA, 2013).

A radapertização resulta em um efeito que se assemelha à esterilização. Consiste na aplicação de uma dose mais alta de radiação que vai de 10kGy a 45kGy, o suficiente para promover a eliminação de populações de microrganismos que atuam na deterioração dos alimentos (LIMA FILHO et al., 2012).

Apesar de o processo de irradiação ter sido, primeiramente, usado para a esterilização de equipamentos médicos, esta tecnologia também está sendo usada como uma medida de intervenção em saúde pública, para prevenir casos de infecção hospitalar (RODRIGUES, 2000).

O tratamento dos alimentos com radiação ionizante já é reconhecido como um meio eficiente de redução de contaminações e dos problemas médicos associados, uma vez que a irradiação proporciona a eliminação de protozoários patogênicos em peixes, aves domésticas, mariscos e carne vermelha, acabando por contaminar também humanos que se alimentem desses produtos (DIEHL, 2002).

Os custos da irradiação de alimentos é dependente da dose utilizada. Para doses baixas o custo varia de 10 a 15 dólares americanos, e de 100 a 250 dólares americanos para doses altas (NEVES et al., 2002).

3.3 Irradiação de Frutas

Em frutas, a radiação ionizante é eficiente atrasando o amadurecimento e a senescência dos frutos, causando, dessa forma, um prolongamento da vida útil comercial destes. A dose aplicada deve ser suficiente para causar as alterações desejadas, porém não pode ser muito alta que cause alterações prejudiciais nas características nutricionais e sensoriais no fruto submetido ao processo (SILVA, 2008).

Entre estas alterações indesejadas englobam, amadurecimento irregular ou precoce, escurecimento da polpa e da casca, amaciamento, surgimento de depressões superficiais e alterações no sabor e no aroma (LOPES, 2009).

Moda et al. (2008) irradiaram abacaxi minimamente processado, observando as alterações causadas nas características físico-químicas e sensoriais do mesmo. Os dados obtidos demonstraram que a dose de 1kGy de radiação apresentou resultados insatisfatórios em todas as análises realizadas, e os melhores resultados foram encontrados nas amostras não irradiadas.

Germano, Arthur e Wiendl (1996) verificaram a influência de radiação na vida de prateleira de abacates das variedades Fortuna e Quintal. Observaram que os frutos da variedade Fortuna quando irradiados em doses de 75Gy ou 100Gy, mesmo mantidos em ambientes não refrigerados, apresentam um menor número de perdas e demonstraram uma durabilidade superior quando comparados a frutos não irradiados. Foi observado também que frutos da variedade Quintal não apresentaram diferença significativa nos parâmetros avaliados sejam irradiados ou não.

Calore e Vieites (2003) irradiaram pêssegos Biuti e avaliaram a interferência causada em suas características pós-colheita comparados com pêssegos mantidos em refrigeração. Foi observado que a radiação gama não contribuiu com a conservação dos frutos ou com o aumento de vida de prateleira destes, e também não observaram atraso na senescência de frutos irradiados.

De acordo com os mesmos autores, dados satisfatórios nos mesmos parâmetros já foram observados nesses frutos mantidos sob refrigeração.

Mitchell et al. (1992) avaliaram o efeito da radiação na conservação de diversos alimentos vegetais de origem tropical, entre eles pepino, mamão e caqui. Observaram que dos 14 produtos avaliados, nas doses entre 75 e 300 Gy foram encontradas mudanças significativas em pelo menos um estágio de quase todas as variáveis observadas, porém, em qualquer um dos produtos avaliados, as variáveis que sofreram interferência da radiação apresentaram resultados considerados inconsistentes.

3.4 Irradiação de Lichia

Segundo Wiley (1994), os principais problemas na comercialização da lichia são a curta vida de prateleira e principalmente o escurecimento do pericarpo, que, segundo Del Aguila (2009), ocorre em apenas dois dias. Porém, com a utilização de refrigeração e tratamento químico é possível reduzir a intensidade destes problemas (WILEY, 1994).

Estas práticas de conservação pós-colheita unidas a um controle de patógenos e outras práticas na pré-colheita permitem que estes frutos sejam

armazenados por um período de duas a três semanas, mantendo uma boa qualidade destes (MENZEL, 2002).

Este escurecimento ocorre devido a ação das enzimas polifenol oxidase (PPO), peroxidase (POD) e ácido ascórbico oxidase, que degradam a antocianina presente no pericarpo. As causas deste efeito são dessecação do pericarpo, exposição a altas temperaturas, senescência, danos por frio, pragas e doenças (PAULL et al., 1984).

Da Silva et al. (2010) avaliaram o uso de ácido ascórbico no controle ao escurecimento do pericarpo e perda de massa fresca em lichias da variedade Bengal. Foi observado que, nos frutos que não foram tratados com ácido ascórbico a perda de massa fresca foi maior. Foi notado também que, apesar do ácido ascórbico controlar o escurecimento, este foi observado após quatro dias apenas.

Hojo, Durigan e Hojo (2011) avaliaram o efeito de cobertura com quitosana e o uso de embalagens plásticas na manutenção da massa fresca e na cor do pericarpo dos frutos de lichia. Observaram que, o uso das embalagens plásticas foi eficiente no controle à perda de massa fresca e no escurecimento, e o tratamento da quitosana provou-se viável na manutenção da cor.

Hojo et al. (2011) verificaram tratamento hidrotérmico combinado com HCl como método de controle ao escurecimento do pericarpo em frutos de lichia. Foi observado que, este tratamento foi capaz de manter a coloração das lichias em um período de até dois dias, porém ainda assim observou-se que aproximadamente 25% da superfície do fruto mostra escurecimento.

Mishra et al. (2012) estudaram o efeito das enzimas polifenol oxidase (PPO), peroxidase (POD) e fenilalanina amônia liase (PAL) no escurecimento do pericarpo de lichias das variedades Shahi e China, assim como a interferência da radiação gama nestas enzimas. Foi possível observar que a atividade de PPO foi maior na variedade China, enquanto que POD e PAL foram mais ativas na variedade Shahi, e a radiação gama causou um aumento na atividade da enzima PAL, mas um decréscimo de PPO e POD. Obtiveram como resultados a inibição do escurecimento de ambas as variedades irradiadas com doses de 0,3 e 0,5kGy. Kumar et al. (2012) combinaram tratamento químico, radiação gama e refrigeração na tentativa de controlar escurecimento do pericarpo e crescimento microbiano em lichias das variedades Shahi e China. Verificaram que esta combinação eliminou a carga microbiana quase completamente, o que resultou em um aumento da durabilidade

dos frutos para 45 dias na variedade Shahi e 30 dias na variedade China. O tratamento também reduziu drasticamente a atividade da enzima polifenol oxidase (PPO), tendo como consequência a manutenção da coloração avermelhada do pericarpo dos frutos.

Hajare et al. (2010) irradiaram lichias das variedades Shahi e China e verificaram as interferências causadas pela radiação nas características que definem sua qualidade. Concluíram que as doses de radiação utilizadas, 0,3 e 0,5kGy, causaram uma diminuição significativa na população microbiana sem causar prejuízo nas características físicas, bioquímicas e organolépticas, de forma que foi possível armazenar a 4°C com qualidade frutos até por 28 dias, enquanto que frutos não irradiados armazenados nas mesmas circunstâncias estragaram em 15 dias.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Os frutos de lichia foram adquiridos com produtores da região da cidade de Piracicaba, Estado de São Paulo, Brasil.

Os frutos foram levados ao Laboratório de Radiobiologia e Ambiente do Centro de Energia Nuclear na Agricultura, onde foram agrupados em 15 unidades por amostra num total de 36 amostras.

As frutas foram irradiadas nas doses de 0 (testemunha); 0,5; 1,0 e 2,0kGy em irradiador do tipo GammaCell 220 (Atomic Energy of Canada Ltd, Canadá) com fonte de ^{60}Co , sob uma taxa de dose de 0,259kGy/h, instalado no Centro de Energia Nuclear na Agricultura CENA/USP.

As amostras foram armazenadas em duas temperaturas distintas, em estufa BOD a 20°C e a 8°C.

As análises físico-químicas de pH, teor de sólidos solúveis, acidez total, colorimetria e teor de Vitamina C, foram realizadas nos tempos 1 e 30 dias após o tratamento por irradiação. Cada tratamento constou de três repetições.

Para a leitura do potencial Hidrogeniônico (pH), triturou-se as amostras já descascadas em um processador, para extração do suco da fruta. Separou-se aproximadamente 30mL do suco em béquer graduado de 50mL e após a calibragem do pHmetro digital da marca Digimed, modelo DMPH, mergulhou-se o eletrodo no suco recém-extraído e o valor considerado foi o que permaneceu estável (CARLESSO, 2009).

Para análise colorimétrica foi utilizado colorímetro da marca Minolta Chroma Meter, modelo CR-200, que ao emitir tiros de luz mensuram os parâmetros colorimétricos de L (luminosidade), a^* (intensidade de vermelho/verde) e b^* (intensidade de amarelo/azul), pelo sistema Hunter Lab, com fonte iluminante D65, calibrado em porcelana branca com padrão de $Y=93,7$; $x=0,3160$ e $y=0,3323$, de acordo com padrões pré-estabelecidos (HUNTERLAB., 2008).

Segundo Lawless e Heymann (1998), L varia de 0 até 100, sendo o valor 0 equivalente a preto e o valor 100 equivalente a branco. O parâmetro a^* quando positivo representa a cor vermelha, e quando negativo representa a cor verde. O parâmetro b^* quando positivo representa a cor amarela e quando negativo representa a cor azul (Figura 3).

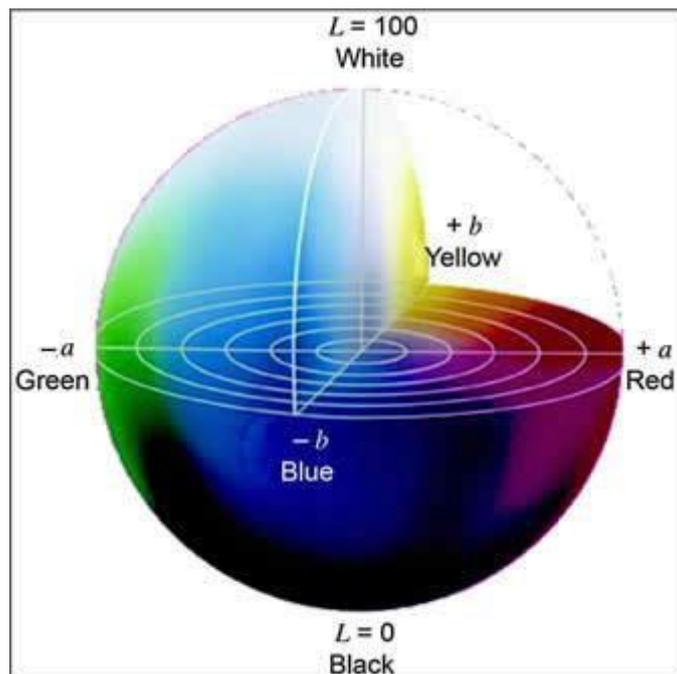


Figura 3: Representação dos parâmetros de cor

Fonte: Oliveira (2011)

O Chroma (cor verdadeira) ($c = (a^2+b^2)^{1/2}$) e o Hue-Angle (saturação) ($\text{hue-angle} = \arctg b/a$) foram calculados a partir dos valores de a^* e b^* (ESTEVEZ; CAVA, 2004). Realizou-se a leitura em pontos aleatórios dos frutos primeiramente na casca e depois na polpa.

De acordo com Canuto et al. (2010), a tonalidade cromática (Hue-angle) indica a proximidade da cor de um ponto a outro do espectro, de forma que ângulo 0° equivale a vermelho absoluto, 90° é equivalente ao amarelo absoluto, o ângulo de 180° é equivalente ao verde absoluto e 270° ao azul absoluto.

Segundo os mesmos autores valores maiores de Chroma representam cores com maior tonalidade.

As análises do teor aparente de sólidos solúveis foram realizadas com o suco extraído da fruta por trituração no processador, assim como realizado para a leitura do pH. Uma gota deste suco foi colocada em um refratômetro digital, marca Tecnal, modelo J57 (Figura 2). Os resultados obtidos foram expressos em $^\circ\text{Brix}$ (ROÇAFA JUNIOR; PADOVAN; FARIA, 2005).



Figura 2 - Refratômetro digital

Para a análise de acidez total, foi utilizado o método de titulometria ácido-base. Foram separados 10 g da polpa triturada no processador e diluiu-se a amostra em 100mL de água destilada. Posteriormente titulou-se as amostras com solução de NaOH a 0,1 N. Os resultados obtidos foram expressos em porcentagem de ácido málico (AOAC, 1995).

A análise de teor de vitamina C (Figura 3) foi realizada pela titulação de solução de suco filtrado das frutas obtido através da trituração da polpa dos frutos com ácido oxálico 0,4% em béqueres de Erlenmeyer cobertos com papel alumínio para se evitar a foto-oxidação do ácido ascórbico presente, utilizando-se o indicador 2,6-diclorobenzenoindofenol (BENASSI; ANTUNES, 1988).



Figura 3 - Análise de teor de Vitamina C

Os resultados em triplicata foram submetidos à análise de variância, utilizando o teste F ao nível de 95% de confiança. Posteriormente, para as causas de variações significativas foram aplicados o teste de Tukey com 5% de significância. Estas análises foram realizadas pelo programa estatístico computacional SAS (SAS INSTITUTE, 2005). Os dados foram comparados inicialmente entre as diferentes doses de radiação, depois entre os períodos de armazenamento e depois no trigésimo dia entre as temperaturas de armazenamento.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos foram analisados de três formas: comparação das doses de irradiação; temperatura de armazenamento e períodos de armazenamento.

A comparação das doses de irradiação foi realizada independentemente dos demais fatores. A comparação das temperaturas de armazenamento foi realizada apenas no trigésimo dia e independente das doses de radiação gama. A comparação entre os períodos de armazenamento desconsiderou as doses de radiação gama e as temperaturas de armazenamento.

5.1 pH

De acordo com Chitarra e Chitarra (1990) o valor do pH dos frutos não é muito variável devido a capacidade tampão existente, porém quando há uma concentração de ácidos variando de 2,5 a 0,5%, o pH é inversamente proporcional à acidez.

Na Tabela 1 estão apresentados os valores obtidos de pH nas amostras de lichia submetidas à irradiação nas doses 0 (testemunha), 0,5; 1,0 e 2,0 kGy.

Tabela 1 - Médias dos valores obtidos de pH de polpa extraída de lichias, avaliadas de acordo com as doses aplicadas de radiação gama e a testemunha em diferentes dias (primeiro e trigésimo) e temperaturas (8°C e 20°C)

Doses/Dias/Temperaturas	Dia 1 / 20°C	Dia 30 / 8°C	Dia 30 / 20°C
Testemunha	4,20 a*	4,28 b	--
0,5 kGy	4,02 d	4,23 c	4,58 a
1,0 kGy	4,08 b	4,11 d	4,50 b
2,0 kGy	4,06 c	4,32 a	4,47 c
CV%	0,17	0,19	0,17

*Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Pode-se observar que no primeiro dia, os resultados variaram de 4,02 a 4,20. As amostras não irradiadas apresentaram os valores maiores de pH, enquanto que as amostras irradiadas na dose de 0,5kGy apresentaram o menor valor. No trigésimo dia, as lichias armazenadas à temperatura de 8°C e irradiadas a uma dose de 2,0kGy foram as que apresentaram os maiores valores de pH, chegando a 4,32. Enquanto que na dose de 1,0kGy foi obtido o menor valor. Deterioraram as lichias armazenadas à temperatura de 20°C, no trigésimo dia, ocorrendo perda total na testemunha (Figura 4), portanto não foi possível obter o valor de pH. Nas demais amostras, os valores obtidos variaram de 4,58 até 4,47. Sendo que o maior valor foi obtido na amostra irradiada com a dose de 0,5kGy, e o menor na dose de 2,0kGy.



Figura 4: Amostras perdidas

Fonte: Marques (2014)

Barrett, Somogyi e Ramaswamy (2005) afirmaram que o valor de pH foi uma das características físico-químicas que não sofrem interferência com a aplicação de radiação ionizante.

Hajare et al. (2010) trabalharam com lichias das variedades Shahi e China e obtiveram valores de pH que variaram de 3,7 a 5,1, e que a radiação ionizante se tornou efetiva quando as análises foram feitas em intervalos mais longos.

Com relação aos períodos de armazenamento foram feitas análises comparativas entre médias do pH das amostras de todos os tratamentos, irradiadas e não irradiadas, do primeiro e do trigésimo dias.

Os resultados obtidos de pH na comparação dos períodos estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Médias dos valores de pH obtidos de polpa extraída de lichias, avaliadas de acordo com os períodos (primeiro e trigésimo dias) de avaliação

Dia 1	Dia 30	CV%
4,10 b	4,38 a	0,2

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância

Pode-se verificar nessa tabela que no trigésimo dia o valor de pH foi superior, alcançando 4,38, enquanto que no primeiro dia o valor foi de 4,10. Estes valores são inferiores aos encontrados por Del Aguila (2009) que encontrou valores que variaram de 4,58 até 5,03.

Com relação às temperaturas de armazenamento foram feitas análises de pH comparativas entre media das amostras de todos os tratamentos, irradiadas e não irradiadas, no trigésimo dia.

Na Tabela 3 estão apresentados os resultados para pH obtidos na comparação entre as temperaturas de armazenamento no trigésimo dia.

As lichias armazenadas à temperatura de 8°C apresentaram valor de pH inferior do que as armazenadas à temperatura de 20°C. Esse fato ocorreu devido à diminuição da taxa respiratória que está diretamente relacionada com a diminuição da temperatura, estando esses resultados de acordo com os de Chitarra e Chitarra, (1990).

Tabela 3 - Médias dos valores obtidos de pH de polpa extraída de lichias, avaliadas no trigésimo dia de acordo com as temperaturas (8°C e 20°C) de armazenamento

8°C	20°C	CV%
4,24 b*	4,51 a	0,11

*Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

5.2 Sólidos solúveis

Segundo Chitarra e Chitarra (1990), o fator sólidos solúveis é composto em sua maioria por açúcares, e aumenta conforme o desenvolvimento do fruto, sendo um fator importante para se determinar as suas características sensoriais e estimar o seu grau de maturidade.

Na Tabela 4 estão apresentados os teores de sólidos solúveis em lichias irradiadas nas doses de 0 (testemunha); 0,5; 1,0 e 2,0kGy, expressos em °Brix.

Tabela 4 - Médias dos valores obtidos de sólidos solúveis (°Brix) de polpa extraída de lichias, irradiadas com doses crescentes de radiação gama e na testemunha em diferentes dias (primeiro e trigésimo) e temperaturas (8°C e 20°C)

Doses/Dias/Temperaturas	Dia 1 / 20°C	Dia 30 / 8°C	Dia 30 / 20°C
Testemunha	15,78 b*	15,81 c	--
0,5 kGy	15,74 b	17,07 a	26,99 a
1,0 kGy	17,54 a	15,67 c	26,07 b
2,0 kGy	15,80 b	16,06 b	27,05 a
CV%	0,24	0,47	0,66

*Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

No primeiro dia os valores variaram de 15,74 até 17,54°Brix, sendo que as lichias irradiadas com a dose de 1,0kGy apresentaram o valor de sólidos solúveis superior aos demais tratamentos que não apresentaram diferença estatística entre si. Enquanto que no trigésimo dia, as lichias armazenadas à temperatura de 8°C apresentaram um teor máximo de 17,07°Brix quando irradiadas em uma dose de

0,5kGy e valores inferiores quando irradiadas na dose de 2,0kGy, enquanto que as amostras irradiadas com dose de 1,0kGy não apresentaram diferença estatística quando comparadas com as testemunhas. As lichias armazenadas a 20°C no trigésimo dia, apresentaram perda total da amostra testemunha, já as frutas irradiadas com 0,5 e 2,0kGy apresentaram os maiores valores de °Brix, mas não diferiram estatisticamente entre si. Segundo Molins (2001), a aplicação de doses incorretas de radiação ionizante pode interferir nos teores de sólidos solúveis e causar alterações indesejadas no sabor.

Na Tabela 5 estão apresentados os resultados obtidos de sólidos solúveis, expressos em °Brix, na comparação entre os períodos de análise.

Tabela 5 - Médias dos valores obtidos de sólidos solúveis (°Brix) de polpa extraída de lichias, avaliadas de acordo com os períodos (primeiro e trigésimo dias) de avaliação

Dia 1	Dia 30	CV%
16,25 b*	21,51 a	0,33

*Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Pode-se observar que no trigésimo dia o teor de sólidos solúveis apresentou diferença estatística significativa em relação ao valor obtido no primeiro dia de avaliação. Isso provavelmente tenha ocorrido devido à produção de açúcares durante o processo de amadurecimento do fruto, estando estes resultados de acordo com os de Chitarra e Chitarra (1990).

Na Tabela 6 estão apresentados os valores de sólidos solúveis comparados de acordo com a temperatura de armazenamento dos frutos após o trigésimo dia da irradiação.

Pode-se verificar que houve diferença estatística significativa e que as lichias armazenadas na temperatura de 20°C apresentaram teor de sólidos solúveis maior do que os obtidos para os frutos armazenados a temperatura de 8°C.

Esses resultados são diferentes dos obtidos por Del Aguila (2009), que observou um teor de sólidos solúveis maior em frutos armazenados em temperaturas menores.

Tabela 6 - Médias dos valores obtidos de sólidos solúveis (°Brix) de polpa extraída de lichias, avaliadas de acordo com a temperatura (8°C e 20°C) de armazenamento

8°C	20°C	CV%
16,22 b*	26,88 a	0,22

*Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha, diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

5.3 Acidez total

Segundo Chitarra e Chitarra (1990), a acidez total é um dos índices de qualidade mais utilizados para frutas e outros vegetais. Os ácidos orgânicos representam um dos principais substratos responsáveis pelos processos respiratórios durante o amadurecimento e de forma geral tendem a diminuir significativamente durante esta fase (AZZOOLINI; JACOMINO; BRON, 2004).

Na Tabela 7 estão apresentados os valores de acidez total, expressos em porcentagem de ácido málico, para lichias, comparados de acordo com as doses de radiação gama ao qual foram submetidas.

Tabela 7 - Médias dos valores obtidos de acidez total (% de ácido málico) de polpa extraída de lichias, avaliadas de acordo com as doses aplicadas de radiação gama e na testemunha em diferentes dias (primeiro e trigésimo) e temperaturas (8°C e 20°C)

Doses/Dias/Temperaturas	Dia 1 / 20°C	Dia 30 / 8°C	Dia 30 / 20°C
Testemunha	0,63 a*	0,07 b	--
0,5 kGy	0,65 a	0,08 b	0,07 a
1,0 kGy	0,58 b	0,11 a	0,07 a
2,0 kGy	0,66 a	0,08 b	0,06 a
CV%	2,47	6,75	11,55

*Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna, diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Pode-se observar que as amostras irradiadas com as doses de 0,5 e 2,0kGy não diferiram estatisticamente entre si e em relação a testemunha. Enquanto que as amostras irradiadas a 1,0kGy apresentaram o menor valor de acidez total em relação as outras doses e a testemunha.

No trigésimo dia, as lichias armazenadas a temperatura de 8°C apresentaram maior valor de acidez total quando irradiadas com a dose de 1,0kGy, essa dose foi a que apresentou diferença significativa em comparação aos demais tratamentos. Enquanto que as lichias armazenadas a temperatura de 20°C não apresentaram diferenças estatísticas entre as doses avaliadas, desconsiderando a testemunha (amostras perdidas).

De acordo com Barrett, Somogyi e Ramaswamy (2005), os valores de acidez total tendem a não sofrerem interferência das radiações ionizantes quando aplicadas na maioria dos frutos.

A comparação dos valores de acidez total em lichias de acordo com o tempo de análise está apresentada na Tabela 8.

Pode-se verificar pela tabela 8 que houve diferença estatística significativa entre os tempos analisados, sendo que no trigésimo dia o valor obtido foi menor do que no primeiro dia.

Tabela 8 - Médias dos valores obtidos de acidez total (% de ácido málico) de polpa extraída de lichias, avaliadas de acordo com períodos (primeiro e trigésimo dias) de avaliação

Dia 1	Dia 30	CV%
0,61 a*	0,08 b	5,52

*Médias seguidas de letras diferentes, diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Chitarra e Chitarra (1990), afirmaram que os valores de acidez total de frutos tendem a diminuir à medida que ocorre o processo de maturação dos frutos devido a respiração, que utiliza, além dos açúcares, os ácidos como substrato.

Na Tabela 9 estão apresentados os resultados obtidos para a acidez total quando comparados às temperaturas de armazenamento.

Tabela 9 - Médias dos valores obtidos de acidez total (% de ácido) de polpa extraída de lichias, avaliadas de acordo com a temperatura (8°C e 20°C) de armazenamento

8°C	20°C	CV%
0,08 a*	0,07 b	3,20

*Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Pode-se observar que quando armazenadas a temperatura de 8°C, as lichias apresentaram valor de acidez total maior do que as armazenadas à temperatura de 20°C. Estando estes resultados de acordo com o obtido por Del Aguila (2009), que observou uma diminuição na acidez de frutos armazenados em temperaturas maiores.

5.4 Cor da casca

Na Tabela 10 estão apresentados os valores obtidos para os parâmetros de cor, Luminosidade (L), coordenada cromática vermelho-verde (a*) e coordenada cromática amarelo-azul (b*). A partir destes valores foram calculados chroma ($c = (a^2+b^2)^{1/2}$) e tonalidade cromática (hue-angle = arctg b/a).

Tabela 10 - Médias dos valores dos parâmetros de cor (L, a* e b*) da casca de lichias, avaliadas de acordo com as doses aplicadas de radiação gama e na testemunha em diferentes dias (primeiro e trigésimo) e temperaturas (8°C e 20°C)

Parâmetros	Doses/Dias/Temp.	Dia 1 / 20°C	Dia 30 / 8°C	Dia 30 / 20°C
L	Testemunha	38,52 b*	42,32 b	41,71 b
	0,5kGy	42,29 b	52,95 a	42,73 b
	1,0kGy	53,77 a	51,91 a	51,47 a
	2,0kGy	53,71 a	49,35 ab	47,88 ab
	CV%	5,21	6,56	6,21
a*	Testemunha	6,56 ab	4,27 ab	9,17 a
	0,5kGy	2,20 b	3,79 ab	2,81 b
	1,0kGy	8,13 a	7,11 a	2,37 b
	2,0kGy	-0,80 b	2,09 b	7,41 a
	CV%	13,46	32,81	22,91
b*	Testemunha	27,61 a	36,27 a	23,22 b
	0,5kGy	32,69 a	32,01 ab	28,75 ab
	1,0kGy	32,67 a	34,33 ab	26,06 b
	2,0kGy	32,24 a	30,29 b	35,05 a
	CV%	9,01	5,49	8,65

Continua

continuação

Chroma	Testemunha	28,73 b	36,37 a	27,66 b
	0,5kGy	31,94 ab	32,20 ab	29,92 b
	1,0kGy	33,52 ab	34,56 ab	27,76 b
	2,0kGy	35,77 a	30,33 b	35,61 a
	CV%	5,95	5,47	5,49
Hue-angle	Testemunha	1,53 ab	1,54 a	1,52 a
	0,5kGy	1,54 a	1,54 a	1,54 a
	1,0kGy	1,52 b	1,54 a	1,54 a
	2,0kGy	1,54 a	1,54 a	1,54 a
	CV%	0,33	0,19	0,46

*Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna, diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Observou-se para o parâmetro Luminosidade (L) que no primeiro dia as amostras irradiadas com as doses de 1,0 e 2,0kGy apresentaram maiores valores, portanto, mais claras em relação às demais. No trigésimo dia à temperatura de 20°C observou-se que a dose 1,0kGy apresentou maior valor em relação a testemunha, enquanto que os demais valores das amostras irradiadas não apresentam diferença estatística em relação as amostras irradiadas a 1,0kGy e testemunha.

Pode-se observar para a coordenada cromática a* (vermelho-verde), que no primeiro dia, as frutas irradiadas com 1,0kGy apresentaram valores maiores, ou seja, mais avermelhados do que os demais tratamentos, no entanto não diferiram estatisticamente em relação a testemunha. Assim como as demais amostras também não apresentaram diferença estatística em relação à testemunha.

No trigésimo dia à temperatura 20°C as amostras irradiadas a 0,5 e 1,0kGy apresentaram diferença significativa em relação a testemunha, mas não apresentaram diferença significativa entre si. Enquanto a dose de 2,0kGy não diferiu estatisticamente da testemunha.

No primeiro dia à temperatura de 20°C em relação à coordenada cromática b* (amarelo-azul) todas as doses não apresentaram diferença significativa entre si e a testemunha. Já no trigésimo dia à mesma temperatura, as amostras irradiadas com a dose de 2,0kGy apresentaram maior valor em relação as demais amostras quanto à testemunha.

Os resultados do primeiro dia também mostraram que as amostras irradiadas com a dose de 1,0kGy apresentaram menores valores na tonalidade cromática (Hue-angle) do que os demais tratamentos, exceto pela testemunha. Ao trigésimo dia à temperatura de 20°C, não apresentou diferença significativa entre as doses submetidas ao tratamento de irradiação e testemunha.

Em relação ao parâmetro Chroma (cor verdadeira), foi observado que a amostra irradiada com a dose de 2,0kGy, apresentou maior valor do que a testemunha, no entanto não diferiu significativamente em relação aos demais tratamentos. No trigésimo dia na mesma temperatura observou-se que a dose de 2,0kGy apresentou maior valor em relação a testemunha e as demais doses.

No trigésimo dia à temperatura de 8°C no parâmetro (L) as doses 0,5 e 1,0kGy diferiram estatisticamente em relação a testemunha, enquanto que a dose de 2,0kGy não apresentou diferença significativa em relação aos demais tratamentos, incluindo a testemunha. Para a coordenada cromática a^* , as amostras irradiadas com a dose de 1,0kGy apresentaram valores maiores do que na dose de 2,0kGy, embora ambas não diferiram significativamente em relação a testemunha. Já a coordenada cromática b^* , apenas na dose de 2,0kGy apresentou diferença significativa em relação a testemunha, enquanto que as doses de 0,5 e 1,0kGy não apresentaram diferença em relação aos demais tratamentos. Também foi observado que na tonalidade cromática (Hue-angle) não houve diferença significativa entre os tratamentos. Em relação ao parâmetro Chroma (cor verdadeira) as amostras tratadas com a dose de 2,0kGy apresentaram menor valor em relação as amostras da testemunha. Enquanto que nas doses de 0,5 e 1,0kGy não apresentaram diferença estatística significativa em relação aos demais tratamentos.

Segundo Barrett, Somogyi e Ramaswamy (2005), a radiação ionizante em frutos climatéricos pode acelerar o processo de amadurecimento e consequentemente alterar a coloração dos frutos de forma irregular, fato que não representa problema, pois a lichia é um fruto não-climatérico (DE LIMA et al., 2011).

Molins (2001) afirmou que em frutos tropicais, subtropicais ou temperados não há alteração de cor causada por radiações do tipo gama, elétrons ou raios X.

Souza et al. (2009) afirmou que para a estimativa de escurecimento enzimático do pericarpo de lichias, o parâmetro luminosidade (L) é considerado o melhor.

Na Tabela 11 estão apresentados os parâmetros colorimétricos comparados de acordo com a época de avaliação.

Tabela 11 - Médias dos valores dos parâmetros de cor (L, a* e b*) da casca de lichias, avaliadas de acordo com os períodos (primeiro e trigésimo dias) de avaliação

L	Dia 1	47,41 a*
	Dia 30	47,90 a
	CV%	2,31
a*	Dia 1	1,77 b
	Dia 30	5,05 a
	CV%	23,17
b*	Dia 1	33,82 a
	Dia 30	30,70 b
	CV%	1,47
Chroma	Dia 1	34,36 a
	Dia 30	30,70 b
	CV%	1,94
Hue-angle	Dia 1	1,54 a
	Dia 30	1,53 b
	CV%	0,11

*Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Pode-se observar que no trigésimo dia os frutos apresentaram coloração mais avermelhada, pois a coordenada cromática a*, apresentou valores maiores do que no primeiro dia, assim como o mesmo foi observado nos valores da coordenada cromática b*, ou seja, apresentaram uma coloração mais amarelada. Embora o ângulo de tonalidade aproximou-se mais do amarelo, a cor não foi tão acentuada quanto no primeiro dia. Já o parâmetro Chroma (cor verdadeira) apresentou menor valor ao trigésimo dia em relação ao primeiro dia.

Segundo Chitarra e Chitarra (1990), a coloração dos frutos varia de acordo com os processos de amadurecimento e de senescência, através de síntese e degradação de compostos pigmentares. Ocorrendo a degradação das clorofilas favorecendo os carotenoides e antocianinas.

O escurecimento enzimático é consequência da atuação das enzimas polifenol oxidase (PPO) e peroxidase (POD) nos pigmentos, que produzem a coloração da casca da lichia (ARAÚJO, 1995; DE SOUZA et al., 2010).

Na Tabela 12 estão apresentados os resultados obtidos para os parâmetros colorimétricos quando comparados de acordo com a temperatura de armazenamento dos frutos.

Tabela 12 - Médias dos valores dos parâmetros de cor (L, a* e b*) da casca de lichias, avaliadas de acordo com a temperatura (8°C e 20°C) de armazenamento

L	8°C	52,26 a*
	20°C	43,98 b
	CV%	1,23
a*	8°C	3,27 b
	20°C	7,54 a
	CV%	12,63
b*	8°C	30,22 a
	20°C	31,25 a
	CV%	1,79
Chroma	8°C	30,05 b
	20°C	32,05 a
	CV%	1,84
Hue-angle	8°C	1,53 a
	20°C	1,53 a
	CV%	0,18

*Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Pode-se observar que as lichias armazenadas a temperatura de 20°C apresentaram coloração mais clara, pois o parâmetro L apresentou o menor valor em relação às amostras armazenadas à temperatura de 8°C, que apresentaram um vermelho mais intenso do que as lichias armazenadas à temperatura de 8°C.

Também foi possível observar que no parâmetro Chroma à temperatura de 20°C o valor foi maior do que na temperatura de 8°C. Enquanto que não houve diferença estatística nos valores da coordenada cromática b* e do ângulo de tonalidade.

Hojo, Durigan e Durigan (2013) observaram o efeito do armazenamento em baixas temperaturas na manutenção da cor da casca de lichias da variedade Bengal. Os melhores resultados para os parâmetros de cor luminosidade, cromaticidade e ângulo foi obtido para as lichias armazenadas à temperatura de 20°C.

5.5 Cor da Polpa

Na Tabela 13 estão apresentados os resultados obtidos dos parâmetros colorimétricos da polpa de lichias, comparados de acordo com as doses de radiação gama e temperatura a que foram submetidas.

Tabela 13 - Médias dos valores dos parâmetros de cor (L, a* e b*) da polpa de lichias, irradiadas com doses crescentes de radiação gama e armazenadas em diferentes temperaturas

Parâmetros	Doses/Dias/Temp.	Dia 1 / 20°C	Dia 30 / 8°C	Dia 30 / 20°C
L	Testemunha	46,16 b*	53,71 ab	--
	0,5kGy	50,69 a	48,20 b	60,54 a
	1,0kGy	46,06 b	54,59 a	54,30 b
	2,0kGy	46,88 b	53,79 ab	60,39 a
	CV%	1,81	4,31	2,4
a*	Testemunha	-2,95 b	-4,67 a	--
	0,5kGy	-3,64 a	-4,53 a	-5,26 a
	1,0kGy	-2,64 b	-4,00 a	-4,33 b
	2,0kGy	-3,12 ab	-4,09 a	-5,03 a
	CV%	8,13	8,65	2,8
b*	Testemunha	2,24 ab	0,90 b	--
	0,5kGy	1,17 b	0,91 b	4,76 ab
	1,0kGy	2,64 a	1,49 ab	6,01 a
	2,0kGy	2,02 ab	2,26 a	4,39 b
	CV%	25,72	34,44	10,0
Chroma	Testemunha	3,85 a	4,72 a	--
	0,5kGy	3,72 a	3,81 a	7,19 a
	1,0kGy	4,00 a	4,57 a	6,78 a
	2,0kGy	3,67 a	4,77 a	6,63 a
	CV%	5,43	9,70	7,38
Hue-angle	Testemunha	1,37 ab	1,38 ab	--
	0,5kGy	1,34 b	1,32 b	1,47 a
	1,0kGy	1,40 a	1,41 a	1,48 a
	2,0kGy	1,38 ab	1,36 ab	1,46 a
	CV%	1,21	2,08	0,45

*Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si nas colunas estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Observou-se para o parâmetro Luminosidade (L) que no primeiro dia as amostras irradiadas com as doses 0,5kGy apresentaram maior valor, enquanto que os demais tratamentos não diferem das testemunhas. No trigésimo dia à temperatura de 20°C a dose de 1,0kGy diferiu estatisticamente das amostras irradiadas nas doses de 0,5 e 2,0kGy. Não foi possível comparar com a testemunha devido a degradação total da fruta.

Pode-se observar para a coordenada cromática a^* (vermelho-verde), no primeiro dia que as frutas irradiadas com a dose de 1,0kGy apresentaram valores maiores, ou seja, mais próximos do vermelho do que os demais tratamentos, no entanto não diferiram estatisticamente em relação a testemunha. Assim como as demais amostras também não apresentaram diferença estatística em relação à testemunha.

No trigésimo dia à temperatura de 20°C as amostras irradiadas com as doses de 0,5 e 2,0kGy não apresentaram diferença estatística significativa entre si, mas apresentaram valores maiores do que na dose de 1,0kGy. Também não houve possibilidade de comparação com a testemunha devido a sua degradação total.

No primeiro dia à temperatura de 20°C em relação à coordenada cromática b^* (amarelo-azul) em todas as doses não apresentaram diferença estatística significativa entre si e também quando comparadas a testemunha. Já no trigésimo dia na mesma temperatura, as amostras tratadas com a dose de 1,0kGy apresentaram maior valor em relação às demais amostras. Também não foi possível comparar com a testemunha.

Os resultados do primeiro dia também mostraram que as amostras irradiadas a 1,0kGy apresentaram valores na tonalidade cromática (Hue-angle) menores que os demais tratamentos, exceto pela testemunha. No trigésimo dia à temperatura de 20°C, não apresentaram diferença estatística significativa entre as doses submetidas ao tratamento de irradiação.

Em relação ao parâmetro Chroma (cor verdadeira), foi observado que as amostras irradiadas com dose de 2,0kGy, apresentaram maior valor do que a testemunha, mas não diferiram estatisticamente em relação às demais amostras. No trigésimo dia na mesma temperatura observou-se que não houve diferença estatística significativa entre as amostras irradiadas.

No trigésimo dia à temperatura de 8°C as amostras irradiadas não diferem estatisticamente da testemunha, já as doses de 1,0 e 0,5kGy apresentaram

diferença significativa entre si, sendo o primeiro o valor maior que o segundo. Para a coordenada cromática a^* , as amostras tratadas não apresentaram diferença estatística significativa entre si. Já a coordenada cromática b^* apenas a dose de 2,0 kGy apresentou diferença estatística significativa com maior valor em relação a testemunha, enquanto que as doses de 0,5 e 1,0kGy não diferiram estatisticamente das testemunhas. Também se observou que na tonalidade cromática (Hue-angle) nas doses de 0,5 e 1,0kGy apresentaram diferenças estatísticas significativas, apresentando valores maiores em relação aos demais tratamentos, mas não apresentou diferença estatística significativa entre si. Em relação ao parâmetro Chroma (cor verdadeira) todas as amostras não apresentaram diferenças estatísticas significativas.

Barrett, Somogyi e Ramaswamy (2005) não obtiveram alterações de cor em frutos causadas por radiação ionizante. Já Molins (2001) afirmou que o uso de doses incorretas de radiação ionizante pode causar mudanças indesejadas na cor e em outros fatores sensoriais dos frutos.

Na Tabela 14 estão apresentados os valores dos parâmetros colorimétricos da polpa de lichias comparados de acordo com as épocas das realizações das análises.

Pode-se observar que no trigésimo dia, a polpa dos frutos apresentou coloração mais clara (L maior), uma intensidade maior de amarelo (valor de b^* positivo maior) e um chroma maior do que o encontrado na polpa dos frutos no primeiro dia.

Tabela 14 - Médias dos valores dos parâmetros de cor (L, a* e b*) da polpa de lichias, avaliadas de acordo com os períodos (primeiro e trigésimo dias) de avaliação

L	Dia 1	47,73 b*
	Dia 30	54,93 a
	CV%	1,48
a*	Dia 1	-2,45 b
	Dia 30	-4,66 a
	CV%	1,58
b*	Dia 1	2,27 a
	Dia 30	2,71 a
	CV%	9,99
Chroma	Dia 1	3,98 b
	Dia 30	4,72 a
	CV%	3,16
Hue-angle	Dia 1	1,37 a
	Dia 30	1,24 b
	CV%	0,32

*Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Na Tabela 15 estão apresentados os resultados dos parâmetros colorimétricos para polpa de frutos de lichia, comparados de acordo com as temperaturas de armazenamento.

Pode-se observar que os frutos armazenados a temperatura de 8°C apresentam coloração de polpa mais escura (L menor). A coordenada a* apresentou uma intensidade menor, ou seja, tendendo para a cor verde. A coordenada b* também apresentou uma menor intensidade, ou seja, tendendo para a cor azul.

Tabela 15 - Médias dos valores dos parâmetros de cor (L, a* e b*) da polpa de lichias, avaliadas de acordo com a temperatura de armazenamento

	8°C	53,33 b*
L	20°C	56,92 a
	CV%	1,13
	8°C	-4,21 b
a*	20°C	-4,79 a
	CV%	3,64
	8°C	1,11 b
b*	20°C	4,56 a
	CV%	12,09
	8°C	4,41 b
Chroma	20°C	5,05 a
	CV%	3,59
	8°C	1,37 a
Hue-angle	20°C	1,10 b
	CV%	0,34

*Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

5.6 Ácido ascórbico

Segundo Chitarra e Chitarra (1990) a vitamina C é o componente de maior importância nutricional. É composta por ácido ascórbico e ácido dehidroascórbico, ambas as frações tem atividade biológica (CHITARRA; CHITARRA, 1990; MOLINS, 2001).

Na Tabela 16 estão apresentados os valores obtidos das análises dos teores de ácido ascórbico em frutos de lichia, expressos em miligramas de ácido ascórbico para cada 100 gramas de frutos, e comparados com as doses de radiação gama que foram submetidos.

Tabela 16 - Médias dos valores do teor de ácido ascórbico (mg/100g de lichia) da polpa de lichias, avaliadas de acordo com a dose aplicada de radiação gama

Doses/Dias/Temperaturas	Dia 1 / 20°C	Dia 30 / 8°C	Dia 30 / 20°C
Testemunha	22,35 a*	12,95 d	--
0,5 kGy	17,88 c	22,08 a	13,13 b
1,0 kGy	20,30 b	17,83 b	19,86 a
2,0 kGy	20,09 b	15,71 c	20,90 a
CV%	1,60	2,63	2,88

*Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Pode-se observar que no primeiro dia, o maior valor de ácido ascórbico foi obtido no tratamento testemunha 22,35g por 100g de lichia, enquanto que nas amostras irradiadas a 0,5 kGy foram as que apresentaram o menor valor 17,88g/100g.

No trigésimo dia, as lichias armazenadas a uma temperatura de 8°C, foram as que apresentaram o maior valor 22,08g/100g, em comparação com os demais tratamentos. O menor resultado foi obtido pela testemunha. Já para os frutos armazenados à temperatura de 20°C, desconsiderada a testemunha que foi perdida, a dose de 0,5kGy foi a que apresentou menor teor de ácido ascórbico quando comparado aos resultados obtidos nas amostras irradiadas.

Segundo Barrett, Somogyi e Ramaswamy (2005) o processo de irradiação causa a oxidação do ácido ascórbico para ácido dehidroascórbico. Também foi comprovado por Molins (2001) em diversos tipos de frutos tropicais, subtropicais e temperados, que essa oxidação do ácido ascórbico quase não tem influência nutricional.

Os valores obtidos de ácido ascórbico quando comparadas as épocas de análise estão apresentados na Tabela 17.

Tabela 17 - Médias dos valores do teor de ácido ascórbico (mg/100g de lichia) da polpa de lichias, avaliadas de acordo com os períodos (primeiro e trigésimo dias) de avaliação

Dia 1	Dia 30	CV%
19,69 a	17,83 b	1,58

*Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Observa-se que o teor obtido foi maior nos frutos no primeiro dia em relação aos frutos do trigésimo dia. Esses teores obtidos são muito inferiores aos recomendados que são 100 a 200mg diários e aos encontrados em frutos de Longan (*Dimocarpus longan* Fam. Sapindaceae) que foram de 175,09mg/100 g (LIMA et al., 2005).

A Tabela 18 apresenta os resultados obtidos na análise de teor de ácido ascórbico em lichia quando comparadas as temperaturas de armazenamento.

Tabela 18 - Médias dos valores do teor de ácido ascórbico (mg/100g de lichia) da polpa de lichias, avaliadas de acordo com a temperatura (8°C e 20°C) de armazenamento

8°C	20°C	CV%
17,73 a*	16,87 a	3,69

*Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Quando armazenadas a temperatura de 8°C, as lichias apresentam um teor de ácido ascórbico superior ao obtido nas lichias armazenadas a 20°C. Estando esses resultados de acordo com os de Del Aguila (2009) que observou uma redução nos níveis de ácido ascórbico quando há um aumento de temperatura e tempo de armazenamento.

6. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos pode-se concluir que:

- O efeito da radiação gama foi mais acentuado no período inicial, e mostrou-se mais eficiente na conservação das características físico-químicas das lichias quando combinada com a temperatura de 8°C.
- De uma maneira geral a dose de 1kGy e a temperatura de 8°C foi a melhor para a manutenção das características físico-químicas das lichias.

REFERÊNCIAS

- ANJOS, V. D. A.; VALENTIN, S. R. T.; BENATO, E. A. Influência de tratamento térmico e sistemas de embalagens na qualidade de lichia 'bengal'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 4, p. 820-827, 2014.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis of AOAC International**. 16. ed. Washington, DC: AOAC, 1995. v. 2.
- ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos teoria e prática**. Viçosa: UFV, 1995.
- AZZOOLINI, M.; JACOMINO, A. P.; BRON, I. U. Índices para avaliar qualidade pós-colheita de goiabas em diferentes estádios de maturação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 2, p. 139-145, 2004.
- BARRETT, D. M.; SOMOGYI, L.; RAMASWAMY, H. **Processing in fruit**. Science and technology. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2005. p. 221-260.
- BENASSI, M. de T.; ANTUNES, A. J. A comparison of metaphosphoric and oxalic acids as extractants solutions for the determination of vitamin c in selected vegetables. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v. 31, n. 4, p. 507-513, 1988.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 21, de 26 de janeiro de 2001. In: DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO. **Regulamento Técnico para Irradiação de Alimentos**. Brasília: DOU, 2001.
- CALORE, L.; VIEITES, R. L. Conservação de pêssegos 'Biuti' por irradiação. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, p. 53-57, 2003.
- CANUTO, G. A. B.; XAVIER, A. A. O.; NEVES, L. C.; BENASSI, M. T. Caracterização físico-química de polpas de frutos da Amazônia e sua correlação com a atividade anti-radical livre. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 4, p. 1196-1205, 2010.
- CARDOSO, E. M.; ALVES, I. P.; BRAZ, C.; PESTANA, S. **Aplicações da energia nuclear**. Rio de Janeiro: CNEN, 2008.
- CARLESSO, F. Processo de fermentação alcoólica e caracterização do fermentado de butiá (*Butia eriospatha* Masrt. Ex Drude) In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 8., 2009, Uberlândia, MG. Disponível em: <<http://www.cobeqic2009.feq.ufu.br/uploads/media/103921391.pdf>>.
- CEAGESP-HORTIBRASIL - Centro de Qualidade em Horticultura. In: BODNAR, L.; ROCHA, I.L. Evolução da comercialização da lichia na CEAGESP. Disponível em: www.hortibrasil.org.br. Acesso em: 18 mar. 2015.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-Colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 293 p.

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION - CAC. **Codex general standard for irradiated foods**. CODEX STAN, 106–1983, Rev. Geneva, 2003.

CONDE, S. R.; DAL BOSCO, S. M. Técnicas básicas para preparo de alimentos. In: _____. **Saúde & nutrição**. 1. ed. Lageado: Ed. Univates, 2013. p. 26-43.

COUTO, R. R.; SANTIAGO, A. J. Radioatividade e irradiação de alimentos. **RECEN - Revista Ciências Exatas e Naturais**, Guarapuava, v. 12, n. 2, p. 193-215, 2010.

DA COSTA, M. C.; DELIZA, R.; ROSENTHAL, A. Revisão: Tecnologias não convencionais e o impacto no comportamento do consumidor. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 17, n. 2, p. 187-210, 1999.

DA SILVA, D. F. P.; CABRINI, E. C.; ALVES, R. R.; SALOMÃO, R. C. C. Uso do ácido ascórbico no controle do escurecimento do pericarpo de lichia. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, v. 32, n. 2, p. 618-627, 2010.

DE OLIVEIRA, K. C. F.; SOARES, L. P.; ALVES, A. M. Irradiação de alimentos: extensão da vida útil de frutas e legumes. **Saúde & Ambiente em Revista**, Duque de Caxias, v. 7, n. 2, p. 52-57, 2013.

DE LIMA, F. V.; DEL AGUILA, J. S.; ORTEGA, E. M. M.; KLUGE, R. A. Pós-colheita de lichia “Bengal” tratada com etileno e 1-metilciclopropeno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 7, p. 1143-1149, 2011.

DEL AGUILA, J. S. **Conservação pós-colheita de lichia (*Litchi chinensis* Sonn.)**. 2009. 162 p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

DE SOUZA, A.; VIEITES, V.; KOHATSU, D. S.; LIMA, G. P. P. Manutenção da coloração da lichia frigorificada com a utilização de ácidos orgânicos. **Revista Iberoamericana de Tecnologia de Postcosecha**, Hermosillo, v. 10, n. 1, p. 67-73, 2010.

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

ESTEVES, M. P. G. C. S. **Irradiação de especiarias**. Métodos de detecção do tratamento e estudo das alterações em que se baseiam. 1997. Tese (Doutorado) – Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 1997.

ESTÉVEZ, M.; CAVA, R. Lipid and protein oxidation, release of iron from heme molecule and colour deterioration during refrigerated storage of liver pâté. **Meat Science**, Amsterdam, v. 68, n. 4, p. 551-558, 2004.

GARCIA-PEREZ, E.; MARTINS, A. B. G. Florescimento e frutificação de lichieiras em função do anelamento de ramos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 14-17, 2006.

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

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**, Amsterdam, v. 79, n. 9, p. 994-1004, 2010.

HOJO, E. T. D.; DURIGAN, J. F.; HOJO, R. H. Uso de embalagens plásticas e cobertura de quitosana na conservação pós-colheita de lichias. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, v. 33, n. esp. p. 377-383, 2011.

HOJO, E. T. D.; DURIGAN, J. F.; HOJO, R. H.; DONADON, J. R.; MARTINS, R. N. Uso de tratamento hidrotérmico e ácido clorídrico na qualidade de lichia 'Bengal'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 2, p. 386-393, 2011.

HOJO, E. T. D.; DURIGAN, M. F. B.; DURIGAN, J. F. Armazenamento de lichias "bengal" utilizando-se diferentes temperaturas e umidades relativas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PÓS-COLHEITA DE FRUTAS, HORTALIÇAS E FLORES, 4., 2013, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto, 2013.

HOLCROFT, D. M.; MITCHAM, E. J. Postharvest physiology and handling of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 9, p. 265-281, 1996.

HUNTERLAB, Specialty Color Scales and Indices. Application Notes V. 17 No. 10 / 2008. Disponível em: <http://www.hunterlab.se/wp-content/uploads/2012/11/SCAA-Coffee-ColorStandards.pdf>. Acesso em: 16 dez. 2014.

KUMAR, S.; MISHRA, B. B.; SAXENA, S.; BANDYOPADHYAY, N.; MORE, V.; WADHAWAN, S.; HAJARE, S. N.; GAUTAM, S.; SHARMA, A. Inhibition of pericarp browning and shelf life extension of litchi by combination dip treatment and radiation processing. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 131, p. 1223-1232, 2012.

LAWLESS, H. T.; HEYMANN, H. **Sensory evaluation of food**. Principles and practices. New York: Chapman & Hall, 1998. 819 p.

LEONEL, F. R. **Irradiação e qualidade da carne de frango congelada e embalada a vácuo**. 2008. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2008.

LIMA, G. P. P.; KESTRING, D.; KOHATSU, D. S.; BOTEON, E. M.; NUNES, R. C. A. Atividade antioxidante de frutos de longan cultivados em Botucatu/SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 45; CONGRESSO BRASILEIRO DE FLORICULTURA E PLANTAS ORNAMENTAIS, 15; CONGRESSO DE CULTURA DE TECIDOS DE PLANTAS, 2., 2005, Fortaleza.

LIMA FILHO, T.; TEIXEIRA, L. J. Q.; DA ROCHA, C. T.; FERREIRA, G. A. M.; DE SOUZA, M. C. Energia ionizante na conservação de alimentos: revisão. **Boletim do**

Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos, Curitiba, v. 30, n. 2, p. 243-254, 2012.

LOPES, A. L. **Epidemiologia e controle com radiação gama de doenças pós-colheita do mamão**. 2009. 75 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.

MANICA, I. **Frutas nativas, silvestres e exóticas 2**. Técnicas de produção e mercado: Feijoa, figo-da-índia, fruta-pão, jaca, lichia, mangaba. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2002. 541p.

MARTINS, A. B. G. Lichia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 349-520, 2005.

MENZEL, C. **The Lychee Crop in Asia and the Pacific**. Bangkok, Thailand: Food and Agriculture Organization of the United Nations, Regional Office for Asia and the Pacific, 2002. 115 p.

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

MITCHELL, G. E.; MCLAUCHLAN, R. L.; ISAACS, A. R.; WILLIAMS, D. J.; NOTTINGHAM, S. M. Effect of low dose irradiation on composition of tropical fruits and vegetables. **Journal of Food Composition and Analysis**, London, v. 5, p. 291-311, 1992.

MODA, E. M.; PILON, L.; ZOCCHI, S. S.; SPOTO, M. H. F. Qualidade físico-química e sensorial de abacaxi minimamente processado e irradiado. **Boletim Ceppa**, Curitiba, v. 26, n. 2, p. 267-276, 2008.

MOLINS, R. A. **Food irradiation: Principles and applications**. New York: John Wiley & Son, 2001. 488 p.

NEVES, L.C.; MANZIONE, R.L.; VIEITES, R.L. Radiação gama na conservação pós-colheita da nectarina (*Prunus pérsica* var. *Nucipersica*) frigoconservada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 676-679, 2002.

OKUNO, E.; YOSHIMURA, E. **Física das radiações**. 1. ed. São Paulo: Ed. Oficina de Textos, 2010. 296 p.

OKUNO, E. Efeitos biológicos das radiações ionizantes: Acidente radiológico de Goiânia. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 27, n. 77, p. 185-200, 2013.

OLIVEIRA, A. C. S. **Avaliação dos efeitos da radiação gama nas características físico-químicas de kiwi (*Actinidia deliciosa*) cv. *hayward* minimamente processado**. 2011. 51 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2011.

PAULL, R. E.; CHEN, N. J.; HUANG, H. B.; CHENG, G. W.; GAO, F. F. Litchi growth and compositional changes during fruit development. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 6, p. 817-882, 1984.

PIMENTEL, B. C.; CELIM, A. **A lichia na CEAGESP de 1999 a 2009**. São Roque: Instituto Brasileiro de Qualidade em Horticultura – HortiBrasil, 2011. Disponível em: <http://www.hortibrasil.org.br/jnw/index.php?option=com_content&view=article&id=942:a-lichia-na-ceagesp-de-1999-a-2009&catid=64:frutas-e-hortalicas-frescas&Itemid=82>. Acesso em: 25 jun. 2013.

REVISTA VIVA SAÚDE. Lichia para reduzir gordura corporal. Imagem. 2014. Disponível em: <<http://vivasaude.digisa.com.br/nutricao/verdades-e-mentiras-sobre-a-lichia/36/#>>. Acesso em: 23 de setembro de 2015.

RIBEIRO, A. F. E. **Irradiação de alimentos**: Uma proposta para o ensino. Belo Horizonte: CECIMIG, 2007.

ROÇAFA JUNIOR, H.; PADOVAN, F. C.; FARIA, J. B. Obtenção de uma Bebida Fermento-Destilada a partir do “Licor” de Laranja. **Alimento e Nutrição**, Araraquara, v. 16, n. 4, p. 323, 2005.

RODRIGUES, A. A. J. **Vidro comercial como detector e mediador de radiação num irradiador de grande porte**. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2000.

SANTOS, C. E. M. dos. A cultura da lichieira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 2, p. 1, 2009.

SAS INSTITUTE. **SAS/QC software**: usage and reference (version 9.2). 1. ed. Cary, NC, 2005.

SILVA, G. G. **Avaliação do efeito da radiação gama na qualidade do mamão (*Carica papaya* L.)**: características nutricionais, textura, parâmetros de estresse oxidativo e genéticos. 2008. 151 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2008.

SILVA, K. D.; 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 e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, p. 645-651, 2010.

SIQUEIRA, D.L.; SALOMÃO, L.C.C.; CARVALHO, C.M., Lichia (*Litchi chinensis* Sonn.). In: PAULA JÚNIOR, T.J.; VENZON, M., **101 Culturas**: Manual de tecnologias agrícolas. Belo Horizonte: EPAMIG, 2010. Cap. 62, p. 451-458.

SOUZA, A. V. de. **Tratamento térmico na manutenção da qualidade de lichias armazenadas sob refrigeração**. 2009. 57 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

SOUZA, M. S.; FONTAINHA, C. C. P. **Uso da radiação gama nos alimentos para o combate à *Escherichia coli***. São Paulo: Net, 2012. Disponível em: <C:\Users\Diogo\Documents\Bibliografia\RevisãoEsalq>.

VICENTE, J.; SALDANHA, T. Emprego da técnica de radiação ionizante em alimentos industrializados. **Acta Tecnológica**, São Luís, v. 7, n. 2, p. 49-54, 2013.

WILEY, R. C. **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables**. New York: Chapman & Hall, 1994. 368 p.