

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

**MÁRCIO RAMATIZ LIMA DOS SANTOS**

**Efeitos da radiação gama do  $^{60}\text{Co}$  em frutos de pequi (*Caryocar  
brasiliense* Camb.).**

**PIRACICABA**

**2008**

**MÁRCIO RAMATIZ LIMA DOS SANTOS**

**Efeitos da radiação gama do  $^{60}\text{Co}$  em frutos de pequi (*Caryocar  
brasiliense* Camb.).**

Tese apresentada ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura para a obtenção do título de Doutor em Ciências. Área de concentração de Energia Nuclear na Agricultura e no Ambiente.

Orientador Prof. Dr. Valter Arthur.

**PIRACICABA**

**2008**

**Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio eletrônico ou convencional, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.**

Dados internacionais de catalogação na Publicação (CIP).  
Seção Técnica de Biblioteca – CENA/USP

Santos, Márcio Ramatiz Lima dos

Efeitos da radiação gama do  $^{60}\text{Co}$  em frutos de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) / Márcio Ramatiz Lima dos Santos; orientador Valter Arthur.- - Piracicaba, 2008.

92f. : fig.

Tese (Doutorado – 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. Cobalto 60 2. Conservação de alimentos 3. Irradiação de alimentos  
4. Pós-colheita 5. Propriedade antioxidante em alimentos 6. Radiação ionizante I. Título

CDU 664.8.039.7:582.687.16

## DEDICATÓRIA

Dedico,

Aos meus pais, Francisco (\*1925 †2006) e Francisca, que sempre me apoiaram e acreditaram nos meus sonhos.

À minha esposa Edmea, pelo apoio, amor e carinho.

Aos meus filhos, Bianca e Bruno, por serem o maior tesouro de um pai.

A todos os meus amigos, por fazerem dessa jornada mais branda.

## PENSAMENTO

Tenho amigos que não sabem o quanto são meus amigos. Não percebem o amor que lhes devoto e a absoluta necessidade que tenho deles.

A amizade é um sentimento mais nobre do que o amor, eis que permite que o objeto dela se divida em outros afetos, enquanto o amor tem intrínseco o ciúme, que não admite a rivalidade.

E eu poderia suportar, embora não sem dor, que tivessem morrido todos os meus amores, mas enlouqueceria se morressem todos os meus amigos!

Até mesmo aqueles que não percebem o quanto são meus amigos e o quanto minha vida depende de suas existências...

A alguns deles não procuro, basta-me saber que eles existem.

Esta mera condição me encoraja a seguir em frente pela vida.

Mas, porque não os procuro com assiduidade, não posso lhes dizer o quanto gosto deles. Eles não iriam acreditar. Muitos deles estão lendo esta crônica e não sabem que estão incluídos na sagrada relação de meus amigos.

Mas é delicioso que eu saiba e sinta que os adoro, embora não declare e não os procure.

E às vezes, quando os procuro, noto que eles não têm noção de como me são necessários, de como são indispensáveis ao meu equilíbrio vital, porque eles fazem parte do mundo que eu, tremulamente, construí e se tornaram alicerces do meu encanto pela vida.

Se um deles morrer, eu ficarei torto para um lado. Se todos eles morrerem, eu desabo!

Por isso é que, sem que eles saibam, eu rezo pela vida deles. E me envergonho, porque essa minha prece é, em síntese, dirigida ao meu bem estar. Ela é, talvez, fruto do meu egoísmo.

Por vezes, mergulho em pensamentos sobre alguns deles.

Quando viajo e fico diante de lugares maravilhosos, cai-me alguma lágrima por não estarem junto de mim, compartilhando daquele prazer...

Se alguma coisa me consome e me envelhece é que a roda furiosa da vida não me permite ter sempre ao meu lado, morando comigo, andando comigo, falando comigo, vivendo comigo, todos os meus amigos, e, principalmente os que só desconfiam ou talvez nunca vão saber que são meus amigos!

"A gente não faz amigos, reconhece-os." (*Vinícius de Moraes*)

## AGRADECIMENTOS

A Deus pela minha vida e mais uma etapa vencida!!

Ao CENA, pela oportunidade do curso de doutorado.

Ao prof. Dr. Valter Arthur pela orientação e pela amizade nestes anos todos.

À profa. Dra. Jocelim Matrodi Salgado pela Co-orientação na realização deste trabalho e pela amizade cultivada nestes anos.

Às minhas queridas amigas, Alexsandra Valéria e Ana Carla, pela amizade e apoio durante o processo de liberação, sem os quais isto não seria possível.

Ao casal de amigos Lilian Karla e Luiz Carvalho, minha gratidão pelo carinho e a amizade nestes anos.

Aos meus amigos da Escola Agrotécnica Federal de Ceres que sempre torceram por mim.

Aos professores Dr. Severino Matias de Alencar e Dra. Marta Helena Fillet Spoto da ESALQ/USP pelo auxílio em algumas análises.

Às técnicas de laboratório Lourdes, Débora, Juliana, Roberta, Carlota e Clarice, pelo apoio, auxílio nas análises e amizade que compartilhamos.

Ao Fabio, secretario, sempre disposto a ajudar no que fosse possível.

A D. Maria (Maricota), Tia Isolete e Tia Roseli pelas boas risadas, o cafezinho e o chá sempre quentinhos.

Ao pessoal do Irradiador Multipropósito do IPEN/USP, pelos tratamentos de irradiação das amostras.

À Escola Agrotécnica Federal de Ceres, pela liberação integral com vencimentos para eu poder realizar este trabalho.

Aos meus amigos do GEAF (Grupo de Estudos em Alimentos Funcionais) que tive a honra de conhecer, conviver e trabalhar. Aprendi muito com vocês.

A equipe da Secretaria da pós-graduação do CENA/USP: Neuda, Regina (*in memoriam*), Cláudia, Alzira e Soninha, pela alegria no atendimento e o auxílio nesta jornada.

Aos amigos de pós-graduação Adriana, Evelise, Robinho, Raul, Guilherme, Anderson, Franklin, Denis Herisson e aos muitos outros que não citei.

Aos meus amigos de república que sempre me acompanharam e apoiaram: Emerson, Álvaro, Erick, João Luiz, Barizon, Ralfão, Carlos Zurita, Carlos Xavier e Bryan.

Aos inveterados amigos Erico, Leandro, Kojy e Michele, guardo vocês no meu coração (amizade é um sentimento que nunca morre – Mario Quintana).

Aos meus sogros, Geraldo e Terezinha Rocha, pelo apoio, carinho, amizade e dedicação.

A todos os meus amigos, dos mais próximos aos mais distantes, agradeço pela força e pelo companheirismo e por tornarem minha jornada mais branda.

À bibliotecária Marília Ribeiro Garcia Henyei pelo auxílio bibliográfico prestado.

Enfim, a todos que aqui não foram citados, mas que guardo em meu coração, meu muito obrigado!!

## RESUMO

SANTOS, M.R.L. **Efeitos da radiação gama do Cobalto-60 em frutos de pequi** (*Caryocar brasiliense* Camb.). 2008. 92 f. Tese (Doutorado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2008.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da radiação gama do Cobalto-60 nas características pós-colheita de frutos de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). O cerrado brasileiro é o segundo maior bioma das Américas e concentra grande variedade de espécies vegetais e animais. Muitos frutos, ainda desconhecidos da maioria dos brasileiros, começam a ser revelados e têm atraído a atenção de muitos pesquisadores devido as suas características nutricionais, entre eles está o pequi. Os frutos obtidos no Estado de Goiás foram selecionados, lavados e procedeu-se a retirada da casca (descarte) para se obter o endocarpo comestível (caroço). Os caroços foram pesados, separados em lotes de 150 g, embalados em filme de polietileno biorientado, etiquetados e submetidos à radiação gama nas doses 0,0, 0,4 0,6 e 1,0 kGy, no irradiador multipropósito do IPEN/USP. As amostras foram analisadas quanto aos parâmetros físicos (perda de peso, textura, cor) e químicos (pH, acidez titulável, sólidos solúveis totais, °Brix, relação SST/ATT, extrato etéreo, cinzas, umidade, proteína, fibra alimentar, carotenóides totais e atividade antioxidante). A perda de umidade foi proporcional à dose de radiação aplicada, sendo a maior perda (22,98%) observada nos frutos submetidos à dose 1,0 kGy. Fibra solúvel e proteína não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos. Cinzas, fibra insolúvel, matéria seca e extrato etéreo apresentaram diferenças significativas, mas pequenas. Observou-se decréscimo significativo dos valores de pH



para as amostras irradiadas em relação ao controle. A textura das amostras irradiadas teve aumento significativo em relação ao controle, mas não foi significativo entre os tratamentos. O maior valor de textura foi observado para o tratamento com a dose 0,6 kGy (39,89 Newton g<sup>-1</sup>). O teor de sólidos solúveis totais (SST) apresentou diminuição significativa em relação ao controle, mas não foi significativo entre os tratamentos utilizados. A acidez total titulável (ATT) apresentou decréscimo significativo nos tratamentos com radiação em relação ao controle, mas pouco diferiu entre os tratamentos aplicados. A relação SST/ATT não apresentou diferenças significativas, apenas o tratamento dos frutos com a dose 0,6 kGy diferiu dos demais tratamentos apresentando menor valor (24,12). Observaram-se aumentos significativos entre os tratamentos e o controle, indicando uma ação efetiva das doses experimentais sobre o parâmetro de cor a\*, tanto para a dose aplicada quanto para o tempo de armazenamento do pequi. O parâmetro “L” apresentou decréscimo da luminosidade em relação ao tempo de estocagem em todos os tratamentos, sendo que a luminosidade apresentou aumento em relação à dose de radiação aplicada. Houve decréscimo significativo do valor b\* para todas as doses aplicadas em relação ao controle. O tempo de armazenagem dos frutos não influi significativamente neste parâmetro. Os menores valores de b\* foram observados para tratamentos dos frutos com a dose 10,0 kGy, seguida da dose 3,0 kGy, com redução superior a 50%. Observou-se decréscimo significativo dos teores de ácido ascórbico dos frutos de pequi irradiados, proporcional à dose aplicada. As perdas chegaram à ordem de 49,85% para a dose 0,4 kGy, 82,28% para tratamentos com a dose 0,6 kGy e 85,25% para a dose 1,0 kGy, em relação ao controle. Houve diminuição dos teores de carotenóides totais das amostras irradiadas. As perdas chegaram a 45,56% obtida nos tratamentos com a dose 1,0 kGy em relação ao controle. O maior valor encontrado foi de 16,70 mg 100 g<sup>-1</sup>

de carotenóides totais para as amostras não irradiadas. O processamento dos frutos teve efeito significativo na redução da capacidade antioxidante. As reduções na capacidade antioxidante foram de 2,92% para frutos irradiados com a dose 0,4 kGy, 5,26% para a dose 0,6 kGy e de 11,52% para a dose 1,0 kGy. A irradiação com raios gama, obtidas de fonte de  $\text{Co}^{60}$ , é eficiente na conservação pós-colheita do fruto de pequi.

Palavras chave: Irradiação, pós-colheita, pequi, conservação de alimentos.

## SUMMARY

SANTOS, M.R.L. **Effects of gamma radiation from Cobalt-60 on pequi fruits** (*Caryocar brasiliense* Camb.). 2008. 92 f. Tese (Doutorado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2008.

The aim of this work was to evaluate gamma radiation effects from Cobalt-60 on postharvest characteristics of pequi fruits (*Caryocar brasiliense* Camb.). Brazilian savanna is the second biome of American Continent and concentrate a lot of plants and animal species. Many plants and their fruits are still unknown of Brazilian population. Just now, they are gained attention of researchers due their nutritional properties, between then is the pequi fruits. Fruits come from Goiás State was classified, washed and processed to separate the endocarp (edible part) from pericarp. The endocarps were packing in polyethylene bags with 150 g, labeled and submitted to radiation process (0.0, 0.4, 0.6 and 1.0 kGy doses) on multipurpose irradiator located in IPEN/USP. The samples were analyzed to chemical (pH, trititable acidity, °Brix, ratio TSS/TTA, lipids, ash, humidity, protein, soluble and insoluble fiber, total carotenoids and antioxidant activity) and physical properties (loss weight, texture and color). The loss humidity was proportional to radiation applied doses, the highest loss was observed on fruits to 1.0 kGy doses. Soluble fiber and protein showed no significant differences between treatments. Ash, insoluble fiber, dry matter and lipids showed little significant differences. Significant decrease of the pH values was observed for the irradiated samples in relation to control. Irradiated samples texture showed significant increase compared to control,

but showed no significant differences between applied doses. The higher value for texture was (39.89 Newton  $\text{g}^{-1}$ ) for 0.6 kGy dose. Total soluble solids (TSS) showed a significant decrease compared to control, but was not significant between applied treatments. Titratable acidity showed a significant decrease for irradiated samples compared to control for all doses, but it was not significant between treatments. The ratio TSS/TTA showed no significant differences compared to control, only for irradiated fruits at 0.6 kGy doses presented differences compared to other treatments with the lowest value (24.12). Significant increases were observed between treatments and control, indicating an effective action of experimental doses on the parameter color  $a^*$ , both for the applied dose as to the pequi storage time. The parameter "L" showed a decrease in brightness in relation to the storage time for all treatments, and the luminosity presented increase in relation to the radiation applied doses. There was a significant decrease in the parameter  $b^*$  values for all applied doses compared to control. The storage time was not significantly influence for this parameter. The lowest values of parameter  $b^*$  were observed for irradiated fruits at 10.0 kGy dose followed by 3.0 kGy, with reductions of more than 50%. There was a significant decrease in the ascorbic acid levels on irradiated pequi fruits, proportional to the applied dose. The losses were to around 49.85% for irradiated samples with 0.4 kGy dose, 82.28% for 0.6 kGy dose and 85.25% for the 1.0 kGy dose, compared to control. There was a decrease in total carotenoids levels of irradiated pequi samples compared to non irradiated (control). The losses were to 45.56% for irradiated fruits at 1.0 kGy dose compared to control. The control presented the highest total carotenoids value found (16.70 mg  $100 \text{ g}^{-1}$ ). The radiation processing presented a significant reducing effect on antioxidant activity of pequi fruits for all applied doses. Antioxidant capacity reductions were 2.92% for the 0.4 kGy dose, 5.26%

to 0.6 kGy dose and 11.52% for the 1.0 kGy dose. The irradiation process using gamma rays from  $\text{Co}^{60}$  is efficiency to protect pequi fruits in postharvest period.

Key words: Irradiation, postharvest, pequi, food conservation.

## LISTA DE TABELA

Tabela 1: Rendimento médio dos componentes do fruto maduro de <i>Caryocar brasiliense</i> Camb (média de 50 frutos).....	14
Tabela 2: Tabela de composição média em ácidos graxos de algumas oleaginosas comparadas ao pequi. ....	17
Tabela 3: Composição de ácidos graxos de frutos de pequi comparados com a manteiga de cacau. ....	18
Tabela 4: Tabela comparativa entre o pequi e alguns outros alimentos vegetais da dieta média do brasileiro. ....	19
Tabela 5: Resultados de umidade, cinzas, fibra solúvel, fibra insolúvel, pH e matéria seca de pequi irradiado ( $100\text{g}^{-1}$ de polpa). ....	41
Tabela 6: Resultados das análises de textura, SST, ATT e relação SST/ATT. ....	44
Tabela 7: Composição em Vitamina C de alguns alimentos da dieta média do brasileiro comparados com os teores do pequi. ....	55
Tabela 8: Principais compostos antioxidantes do pequi. ....	61

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Árvore do pequizeiro ( <i>Caryocar brasiliense</i> Camb.) no cerrado da região de Ceres-GO.....	9
Figura 2: Fruto do pequi ( <i>Caryocar brasiliense</i> Camb.). Corte transversal mostrando a polpa e o miolo trilocular. ....	10
Figura 3: Aspecto geral da flor do pequizeiro ( <i>Caryocar brasiliense</i> Camb.).....	10
Figura 4: Fluxograma de processamento e aproveitamento do pequi ( <i>C. brasiliense</i> ).....	12
Figura 5: Escala cromática do sistema CIE Lab, com os respectivos eixos de orientação. ....	34
Figura 6: Cor do pequi irradiado para o parâmetro a* em relação ao tempo de armazenamento. ....	46
Figura 7: Cor do pequi irradiado para o parâmetro L em relação ao tempo de armazenamento. ....	48
Figura 8: Cor do pequi irradiado para o parâmetro b* em relação ao tempo de armazenamento. ....	49
Figura 9: Teores médios de extrato etéreo do pequi irradiado nas doses 0, 3, 5 e 10 kGy. Letras iguais indicam que não houve diferença significativa e letras diferentes indicam diferenças significativas ( $p \geq 0,05$ ).....	51
Figura 10: Valores em porcentagem de proteína de pequi irradiado. Letras iguais indicam que não houve diferença significativa ( $p \geq 0,05$ ). ....	52
Figura 11: Teores médios de ácido ascórbico do pequi irradiado em função da dose de radiação aplicada. Letras iguais indicam que não houve diferenças significativas e letras diferentes indicam diferenças ( $p \geq 0,05$ ).....	54
Figura 12: Teores médios de carotenóides totais em pequis irradiados. Letras iguais indicam que não houve diferença significativa entre os tratamentos e letras diferentes indicam diferenças estatísticas entre os tratamentos ( $p \geq 0,05$ ). ....	57

Figura 13: Resultado da análise de capacidade antioxidante de pequis irradiados.

Letras iguais indicam diferenças não significativas e letras diferentes

indicam diferenças significativas ( $p \geq 0,05$ ). ..... 59



## ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO .....	1
2. OBJETIVO .....	5
3. JUSTIFICATIVA .....	5
4. REVISÃO DE LITERATURA.....	8
4.1. O pequi .....	8
4.2. Valor nutricional .....	15
4.3. Irradiação de alimentos .....	19
4.4. Tratamento quarentenário .....	24
5. MATERIAL E MÉTODO .....	27
5.1. Matéria-prima.....	27
5.2. Processamento da matéria-prima .....	27
5.3. Irradiação dos frutos.....	28
5.4. Análises físico-químicas .....	29
5.5. Análises estatísticas.....	40
6. RESULTADO E DISCUSSÃO .....	41
6.1. Análises de cinza, perda de umidade, fibras solúveis, fibras insolúveis, pH, matéria seca .....	41
6.2. Análises de textura, SST, ATT e relação SST/ATT. ....	43
6.3. Análise de cor.....	46
6.4. Extrato etéreo (EE).....	50
6.5. Proteína .....	52
6.6. Ácido ascórbico (AA) .....	54
6.7. Carotenóides totais .....	57
6.8. Capacidade antioxidante .....	58
7. CONCLUSÕES .....	63
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS: .....	65

## 1. INTRODUÇÃO

O uso da radiação gama vem se difundindo através de pesquisas com a finalidade de prolongar a vida-útil dos vegetais processados. O emprego das radiações ionizantes tem mostrado efeito potencial como tecnologia auxiliar, técnica e economicamente viável, na redução de perdas pós-colheita, desinfestação de grãos e frutas, controle de microrganismos patogênicos e prolongamento da vida útil em carnes, frutas e vegetais, maturação de frutas, inibição de brotamento em tubérculos e bulbos e manutenção da qualidade nutricional (KADER, 1986; ARTHUR et al., 1993; MATIN et al., 1996; HAGENMAIER & BAKER, 1998; KILCAST, 2001; LIMA et al., 2004). Este tratamento pós-colheita tem sido considerado promissor para alguns pesquisadores, cuja aplicação é realizada com objetivo principal na desinfestação de grãos e frutos e, mais recentemente, como um tratamento alternativo para o aumento da vida útil de alguns frutos e hortaliças. Para muitos países a irradiação é considerada como uma solução eficaz na redução dos microrganismos patogênicos e tem sido recomendada como parte de um programa para aumentar a segurança dos alimentos, devido às propriedades bactericida e fungicida no

controle das doenças pós-colheita, sendo considerada como um método efetivo para frutas frescas (LODGE et al., 1985; MORAES, 2000).

Os trabalhos realizados com irradiação de frutos, na sua maioria, mostram seus efeitos como tratamento quarentenário (BURDITT, 1982; ROSS & ENGELJOHN, 2000; MOY & WONG, 2002). Entretanto, o conhecimento do comportamento fisiológico dos frutos, quando submetidos a essa tecnologia, torna-se necessário para que não ocorra perda na qualidade visual, nutricional e organoléptica dos mesmos. Para tal finalidade, é preciso estabelecer a dose ideal para cada cultivar, o que constitui um desafio para os pesquisadores dessa área, visto que existem diversos fatores que interferem nos resultados de qualquer tratamento pós-colheita. Os efeitos químicos e físicos provocados pela interação da radiação ionizante com o fruto tornam-se fundamentais quando se deseja aumentar o mercado de frutas irradiadas.

Atualmente, há interesse renovado nos efeitos dos alimentos sobre a saúde, e no potencial que certos constituintes dos alimentos podem ter sobre a prevenção dessas doenças, tais como doenças cardíacas, câncer, diabetes e osteoporose, os chamados Alimentos Funcionais (MILNER & RIVLIN, 2001).

Têm se observado, que um número de componentes alimentares, pertencentes a diferentes grupos químicos, são preventivos contra o câncer e/ou têm propriedades biológicas que evitam ou minimizam a incidência de outras doenças. Essas substâncias químicas são freqüentemente chamadas de protetores químicos (ou fitoquímicos). O modo de ação da maioria dos protetores químicos é ainda desconhecido, apesar de muitos deles serem antioxidantes, e como tais, eles podem seqüestrar radicais livres, formados durante o preparo de alimentos ou por processos biológicos no corpo (STAVRIC, 1994).

Alimentos que promovem benefícios terapêuticos não são um conceito novo. A filosofia: “Deixe o alimento ser seu remédio e o remédio ser seu alimento” proposta pelo pai da medicina, Hipócrates há 2500 anos, caiu em obscuridade durante o século XIX com o advento da moderna terapia de drogas. Em 1900, o importante papel dos alimentos na prevenção de doenças e na promoção da saúde, tornou-se evidente (HASLER et al., 1995; HASLER, 2002).

Durante os primeiros 50 anos do século XX, o foco científico foi na identificação dos elementos essenciais, particularmente as vitaminas, e seu papel na prevenção de várias doenças relacionadas com a deficiência alimentar. Esta ênfase nas deficiências

nutricionais ou subnutrição mudou dramaticamente, porém durante a década de 70, quando doenças relacionadas ao excesso alimentar ou super nutrição, tornou-se a maior preocupação na saúde pública mundial (HASLER et al., 1995; HASLER, 2002).

A finalidade deste projeto foi verificar os efeitos da radiação gama do Cobalto-60 nas propriedades pós-colheita do pequi, estabelecendo a dose ideal para a conservação deste alimento. Uma das peculiaridades do pequi é sua composição em carotenóides, que segundo vários estudos científicos a cerca do papel destes componentes na saúde humana, têm forte ligação com a prevenção de doenças crônico degenerativas em humanos e animais.

## **2. OBJETIVO**

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da radiação Gama do  $^{60}\text{Co}$  nas características organolépticas pós-colheita dos frutos de pequi.

## **3. JUSTIFICATIVA**

O Brasil é um dos principais produtores mundiais de alimentos, mas em contrapartida chega a perder 10% da produção agrícola com problemas básicos de transporte e conservação. A radiação de alimentos, com a finalidade de aumentar a vida útil dos alimentos, como tratamento quarentenário, como inibidor de brotamento, como inibidor de crescimento microbiológico, tem se mostrado bastante eficiente, sendo técnica e economicamente viável.

O cerrado brasileiro é rico em diversidade de plantas ainda desconhecidas da maioria da população, como o pequi, baru entre outros, e que podem se tornar uma alternativa alimentar de alto valor nutritivo e com compostos bioativos, principalmente em relação às propriedades biológicas que podem estar presentes nesses alimentos.

Os alimentos com propriedades funcionais têm ganhado constante interesse dos pesquisadores e do consumidor, por aliar uma dieta saudável com a prevenção e diminuição do risco de ocorrência de doenças crônico-degenerativas.

Por ser um fruto climatérico, o pequi tem uma vida útil muito curta. OLIVEIRA et al. (2006) destacam que os frutos são normalmente coletados no chão, logo que amadurecem e caem das árvores, quando são considerados maduros. Após a queda natural, caso não seja realizada a coleta imediata, os frutos tornam-se macios em dois ou três dias e rapidamente entram em processo de deterioração. Em função da crescente demanda e quando os preços são altos, muitos coletores realizam a coleta na árvore (“pequi de vara”), que consta da derrubada dos frutos sem que tenham completado o processo de maturação, considerado um dos principais problemas do extrativismo atual do pequi, reduzindo a qualidade do fruto comercializado. O congelamento na entressafra, um dos principais métodos de conservação de frutos, tem sido bastante utilizado na conservação de pequi. Durante a safra, os frutos são descascados, e os putamens (polpa ou mesocarpo interno + semente = caroço), acondicionados em saco plástico e conservados em freezer para o consumo na entressafra.

Por esse motivo, é imperativo o estudo de técnicas e processos que possibilitem aumentar a vida útil deste alimento com alterações mínimas em suas características nutricionais e físicas. E o uso da radiação ionizante já se mostrou um processo técnico e economicamente viável para diversas outras frutas.

Baseando-se nos pontos expostos anteriormente, o propósito deste estudo foi avaliar os efeitos da radiação gama do  $^{60}\text{Co}$  na pós-colheita e nas propriedades organoléptica do Pequi (*Caryocar brasiliense* Camb).



## 4. REVISÃO DE LITERATURA

### 4.1. O pequi

O patrimônio natural brasileiro expresso pela extensão continental, pela diversidade e endemismo das espécies biológicas e seu patrimônio genético, bem como pela variedade ecossistêmica dos biomas, apresenta grande relevância mundial. Entre as mais ricas savanas do mundo, a flora do cerrado brasileiro apresenta espécies nativas que merecem especial atenção, pois este bioma foi considerado recentemente como um dos “hotspots” mundiais de diversidade. No entanto, a cobertura original do cerrado brasileiro já foi reduzida em mais de 37%, comprometendo a conservação da sua biodiversidade (VIEIRA et al., 2005).

O cerrado brasileiro, principalmente o do Centro-Oeste, dispõe de grande potencial no que tange a novos alimentos e suas propriedades funcionais e nutricionais, principalmente os frutos das árvores nativas. O pequi do cerrado (*Caryocar brasiliense* Camb.) é um membro da família *Caryocaceae* que possui apenas dois gêneros: *Caryocar* e *Anthodiscus*. O gênero *Caryocar* reúne 19 espécies, sendo oito brasileiras. Predominante no cerrado, cerradão e mata seca, o pequi do cerrado é conhecido por

vários nomes populares: piqui, pequi, pequi-bravo, pequiá. Os frutos são comestíveis e apreciadíssimos pela população do Brasil Central. Os caroços com polpa (mesocarpo) são cozidos com arroz, usados para o preparo de licores, e para extração de madeira e sebo; o caroço é formado por grande quantidade de pequenos espinhos, que podem ferir a mucosa bucal quando ingerido por incautos. Os frutos também são consumidos por várias espécies da fauna, que contribuem para a disseminação da espécie (OLIVEIRA, 2002).

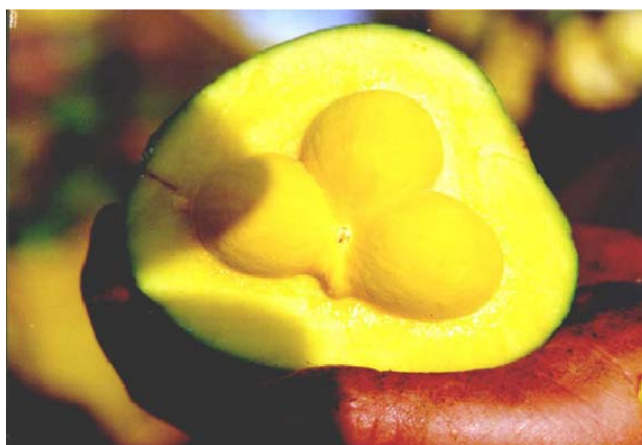
As Figuras 1, 2 e 3 mostram a árvore, o fruto e a flor do pequi, respectivamente.



**Figura 1: Árvore do pequizeiro (*Caryocar brasiliense* Camb.) no cerrado da região de Ceres-GO.**

A casca e as folhas contêm altos teores de taninos, constituindo-se em matéria-prima para fabricação de tinturas (BARRADAS, 1973). Também existem referências ao uso das folhas, flores e frutos do pequi na farmacopéia popular, principalmente o óleo da polpa como expectorante e o chá das folhas como regulador menstrual (ALMEIDA &

SILVA, 1994). O extrato etanólico das folhas apresentou atividade contra o sarcoma 180, que é um tipo de câncer de pele; obtendo-se por meio de análise cromatográfica as substâncias friedelina, friedelanol, ácido oleanólico,  $\beta$ -sitosterol, estigmasterol,  $\beta$ -amirina e ácido elágico (OLIVEIRA et al., 1968).



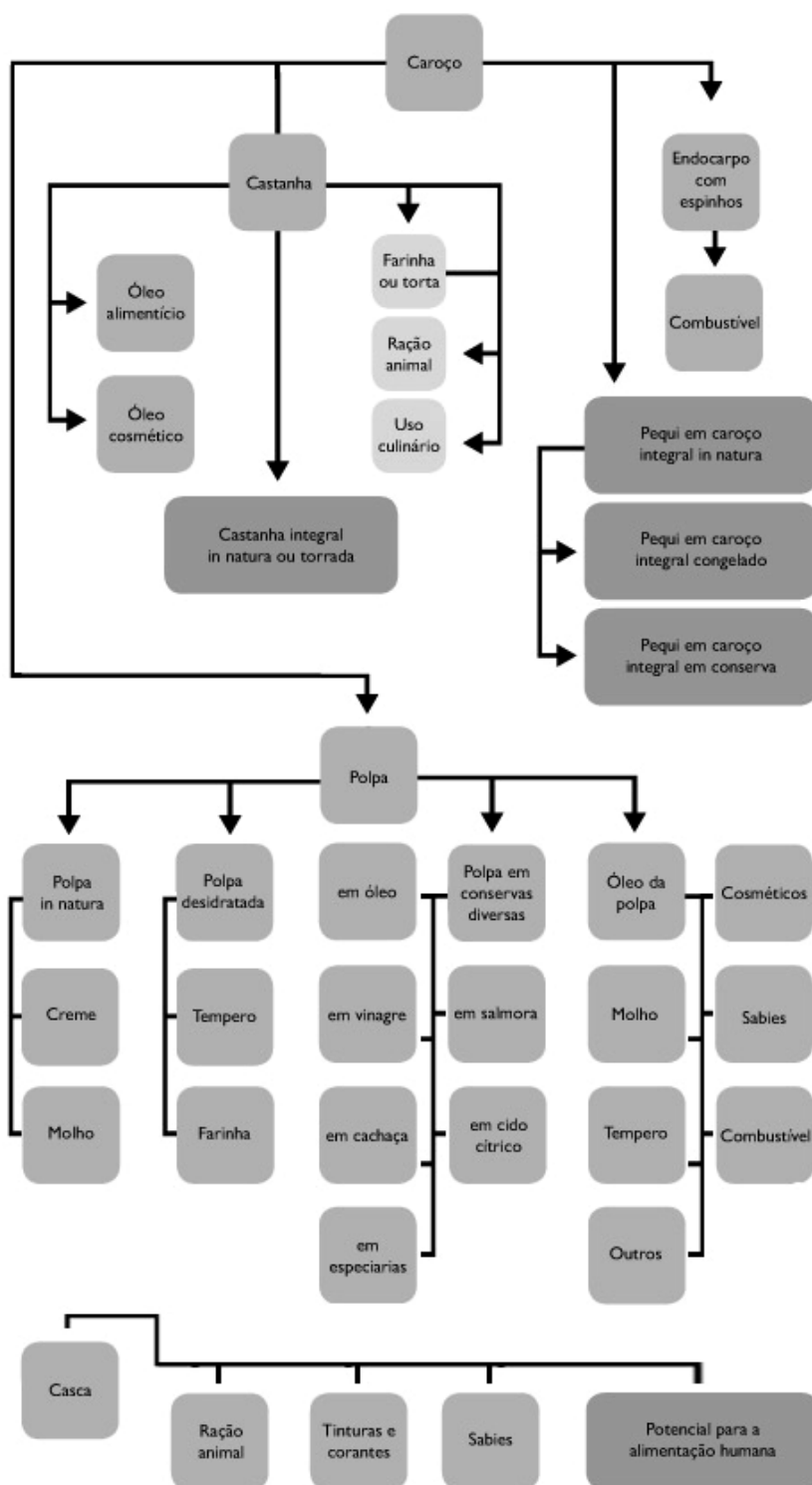
**Figura 2: Fruto do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). Corte transversal mostrando a polpa e o miolo trilocular.**



**Figura 3: Aspecto geral da flor do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.).**

O aproveitamento do pequi sob a forma de seu processamento agroindustrial tem aberto perspectivas cada vez mais amplas e promissoras de atividade e agregação de renda por parte de agricultores familiares e extrativistas em regiões distintas do cerrado brasileiro, num esforço contínuo de preservação ambiental associado ao uso racional dos recursos naturais. Organizados por meio de associações, cooperativas e microempresas, eles têm buscado, com o apoio de organizações civis e de governos, aprimorar estruturas de produção, tecnologias e processos de beneficiamento, com um perfil mais apropriado à sua escala de investimentos, disponibilidade de matéria-prima e outros recursos naturais, e com foco na sustentabilidade ambiental. O fluxograma mostrado na Figura 4 apresenta alguns usos e aproveitamentos que se podem dar ao pequi (CENTRAL DO CERRADO, 2008).

O pequi (*Caryocar brasiliense*) é uma das frutas nativas do cerrado brasileiro mais apreciadas pelos habitantes dessa região por ter sabor e aroma “sui generis” pronunciados (OLIVEIRA, 2002).



**Figura 4: Fluxograma de processamento e aproveitamento do pequi (*C. brasiliense*).**

Fonte: CENTRAL DO CERRADO, 2008.

Dados do IBGE (2005) demonstram que entre os anos de 2004 e 2005, a produção de amêndoas de pequi (*putamens*) cresceu 3,4% em relação ao período de 2003 a 2004, com uma produção total de 5089 toneladas, sendo o maior produtor o estado do Ceará com 2340 toneladas/ano, seguido pelo estado de Minas Gerais com 1559 toneladas/ano. A contribuição percentual de cada região do Brasil na produção de pequi está assim distribuída: região Norte com 6,1% (310 t/ano), região Nordeste com 54,1% (2753 t/ano), região Sudeste com 30,6% (1559 t/ano) e região Centro-oeste com 9,2% (466 t/ano). Em 2006, o IBGE divulgou novos índices sobre a produção anual do pequi e verificou-se um aumento de 5,1% em relação à produção do ano anterior, chegando a 5350 toneladas/ano (IBGE, 2006). Isto tem indicado o crescente aumento no consumo de frutos de pequi.

MITCHELL et al. (1978) destacaram o alto teor de gordura (20,2%) dos frutos de pequi, com alto teor calórico (225 kcal). Destaca-se ainda, por ser fonte de  $\alpha$  e  $\beta$ -caroteno, vitamina C, tiamina, riboflavina e niacina (ALMEIDA et al., 1998).

Os valores pró-vitamina A determinados nos frutos do pequi (*Caryocar brasiliensis*) procedente dos Estados do Piauí e do Mato Grosso do Sul, respectivamente, variam entre 54 e 494 microgramas de retinol equivalente por 100 gramas de polpa.

Pesquisas realizadas na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul avaliaram o efeito do cozimento convencional do pequi sobre o teor de carotenóides pró-vitamínicos. A polpa fatiada de pequi foi cozida com arroz, de acordo com a cultura regional. Embora o cozimento tenha comprometido 25% do valor pró-vitamínico do fruto, ainda conservou 375 microgramas de retinol equivalente por 100 gramas de polpa cozida, contribuindo significativamente para o enriquecimento da dieta. O Ministério da Saúde tem estimulado a implementação de programas de educação alimentar para incentivar o consumo de alimentos ricos em vitamina A e em outros nutrientes. Muitos destes alimentos, como as frutas nativas do Cerrado, podem ser uma excelente opção para melhorar a saúde da população brasileira (VIEIRA, 2005). Na Tabela 1 encontram-se os valores de rendimentos médios do pequi encontrados por ALMEIDA & SILVA (1994).

**Tabela 1: Rendimento médio dos componentes do fruto maduro de *Caryocar brasiliense* Camb (média de 50 frutos).**

Fruto	Total	Casca	Endocarpo	Polpa	Amêndoa
Peso (g)	120	98	5	8	1,5
%	100	82	4,6	7	1,15

Fonte: ALMEIDA & SILVA, 1994.

#### 4.2. Valor nutricional

Estudos com frutos de pequi demonstram que estes apresentam alto teor de riboflavina (vitamina B<sub>2</sub>), equivalendo aos teores encontrados na gema do ovo, no butiá e no sapoti, sendo superior aos teores observados no abacate, na banana, no figo e no mamão; em tiamina (vitamina B<sub>1</sub>) os teores são comparáveis ao do caju, do morango, do genipapo, do mamão e da manga espada; as concentrações de niacina equivalem às do tomate, do cajá-manga, da manga-rosa e da pitomba; em proteína se compara ao abacate, banana-ouro, banana - prata, jaca e pupunha (ALMEIDA & SILVA, 1994; POTT e POTT, 1994). Análises dos componentes nutricionais do pequi são transcritas por FRANCO (1989) citado por ALMEIDA et al. (1998), onde relata que 100 g de polpa contém 20000 µg de vitamina A, 12000 µg de vitamina C, 30 µg de tiamina, 463 µg de riboflavina e 387 µg de niacina; sendo a quantidade de niacina muito semelhante à do tomate, cagaita e pitomba. Apresenta grande variação nos teores de vitamina C (100 g<sup>-1</sup>) em frutas nativas do cerrado. Entre as nativas, essa vitamina sobressai nas polpas de pequi (78,72 mg), de buriti (76,37 mg) e mangaba (70,89 mg). Estes valores estão acima de quatro frutas tradicionalmente cultivadas e consumidas pela população brasileira como



laranja-pêra (40,9 mg), limão (26,4 mg), banana d'água (6,4 mg) e maçã argentina (5,9 mg) (SANO & ALMEIDA, 1998).

O teor de lipídios encontrado no fruto do pequi encontra-se entre o abacate, açai e o buriti (ALMEIDA & SILVA, 1994). A polpa de pequi apresenta 51% de ácidos graxos monoinsaturados, tendo quase que total participação do ácido oléico, 49% de saturados, cujo principal componente é o ácido palmítico, e cerca de 2% do poliinsaturado ácido linoléico (SANO & ALMEIDA, 1998).

A polpa do pequi é composta de 66% de óleo e 13,5% de proteína. A amêndoa tem 47% de óleo e 54% de proteína (OLIVEIRA, 1988). A polpa é pastosa, farinácea, oleaginosa, fonte de carboidratos, lipídios e proteínas (SIQUEIRA et al., 1997).

Numa revisão sobre a composição de ácidos graxos da polpa de pequi, ARAÚJO (1995) mostra que o ácido palmítico e oléico foram os mais representativos, com 39% e até 54%, respectivamente, em relação aos ácidos graxos presentes. A TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS - TACO (2006) mostra um comparativo da composição em ácidos graxos do pequi com outras oleaginosas. Estes dados estão representados na Tabela 2.

**Tabela 2: Tabela de composição média em ácidos graxos de algumas oleaginosas comparadas ao pequi.**

Descrição dos alimentos	Saturados	Mono insaturados	Poli insaturados
Azeite, de dendê	43,1	40,1	16,6
Azeite, de oliva, extra virgem	14,9	75,5	9,5
Manteiga, com sal	49,2	20,4	1,2
Manteiga, sem sal	51,5	21,9	1,5
Margarina, com óleo hidrogenado, com sal (65% de lipídeos)	14,9	18,2	21,4
Margarina, com óleo interesterificado, com sal (65% de lipídeos)	21,9	15,0	27,6
Margarina, com óleo interesterificado, sem sal (65% de lipídeos)	20,9	14,4	26,5
Óleo, de babaçu	50,9	18,6	30,2
Óleo, de canola	7,9	62,6	28,4
Óleo, de girassol	10,8	25,4	62,6
Óleo, de milho	15,2	33,4	50,9
Óleo, de pequi	39,9	55,8	4,2
Óleo, de soja	15,2	23,3	60,0

Fonte: TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS – TACO (2006) NEPA/UNICAMP.

Como pode-se observar na Tabela 2, a composição em ácidos graxos insaturados do pequi é comparável aos dos óleos de canola, girassol e dendê, o que o torna uma fonte interessante em termos nutricionais.

A composição em ácidos graxos do pequi comparado com a manteiga de cacau é mostrada na Tabela 3.

O percentual de proteínas presente na polpa do pequi (13,5%) é superior ao encontrado no arroz e na batata (RIBEIRO, 2000). A polpa apresenta valores consideráveis de carboidratos totais (37,50 g/100 g), sendo que grande parte desses carboidratos está na forma de carboidratos solúveis, portanto rapidamente assimiláveis (FERREIRA et al., 1987).

**Tabela 3: Composição de ácidos graxos de frutos de pequi comparados com a manteiga de cacau.**

Ácido Graxo	Teor % (p/p)			
	Óleo Piqui	Óleo Piqui <sup>8</sup>	Manteiga Cacau	Manteiga Cacau <sup>9</sup>
Palmitico (16:0)	40,2	34,4	27,0	26,0
Palmitoléico (16:1)	1,4	2,1	0,2	0,3
Estearico (C18:0)	2,3	1,8	25,3	34,4
Oléico (C18:1)	53,9	57,4	40,4	34,8
Linoléico (C18:2)	1,5	2,8	5,9	3,0
Linolênico (C18:3)	0,7	1,0	0,3	0,2
Araquídico (C20:0)	0,2	-	0,9	1,0

Fonte: Facioli & Gonçalves, 1998.

Quanto aos sais minerais, a polpa do pequi (coletado no Mato Grosso) apresentou Na (20,9 µg/g), Zn (15,32 µg/g), Cu (4 µg/g), Mg (10,05 µg/g), P (0,06 µg/g) e K (0,18 µg/g), sendo que a amêndoa apresentou Na (2,96 µg/g), Fe (26,82 µg/g), Mn (14,37 µg/g), Zn (53,63 µg/g) e Cu (15,93 µg/g) (HIANE et al., 1992, citados por ALMEIDA et al., 1998).

A TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS (2006) organizada pelo Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação da UNICAMP mostra os valores nutricionais de vários alimentos que compõem a dieta média do brasileiro, em todas as regiões do país. Na Tabela 4, estão demonstrados os valores médios da composição do pequi e de outros vegetais da dieta brasileira para fins comparativos.

**Tabela 4: Tabela comparativa entre o pequi e alguns outros alimentos vegetais da dieta média do brasileiro.**

Alimento	Umid. (%)	(kCal)	(kJ)	Prot. (g)	Lipíd (g)	Carboid. (g)	Fib. alim. (g)	Cinz (g)	Cálcio (mg)
Abacate, cru	83,8	96	402	1,2	8,4	6,0	6,3	0,5	8
Açaí	73,9	110	461	0,7	3,7	21,5	1,7	0,3	22
Castanha do Brasil, crua	3,5	643	2690	14,5	63,5	15,1	7,9	3,4	146
Amendoim, cru	6,4	544	2276	27,2	43,9	20,3	8,0	2,2	tr
Pequi, cru	65,9	205	858	2,3	18,0	13,0	19,0	0,8	32
Maçã, Argentina, crua	82,6	63	262	0,2	0,2	16,6	2,0	0,3	3
Banana Maçã, crua	75,2	87	363	1,8	0,1	22,3	2,6	0,6	3
Macaúba, crua	41,5	404	1692	2,1	40,7	13,9	13,4	1,8	67

Fonte: TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS – TACO (2006) 2ª edição NEPA/UNICAMP.

Quanto aos teores de proteína do pequi, comparando-se com os outros alimentos, observa-se que só é menor que os valores apresentados pela castanha-do-Brasil e pelo amendoim. Destaca-se o teor de fibra alimentar do pequi em relação aos outros alimentos, visto a importância desse elemento no processo digestivo do ser humano.

### 4.3. Irradiação de alimentos

A irradiação de alimentos tem se mostrado como uma alternativa técnica e economicamente viável para o tratamento de alimentos, principalmente frutos, aumentando a vida útil, reduzindo o metabolismo de frutos climatéricos, controlando o brotamento (cebola e batata), eliminando micorganismos deteriorantes (fungos e bactérias). Ela apresenta várias vantagens em relação aos métodos tradicionais de

processamento, por isso, tem recebido atenção crescente nas últimas décadas (VERRUMA-BERNARDI & SPOTO, 2003).

A irradiação é um método de pasteurização a frio utilizado para controlar doenças de origem alimentar, causadas por microrganismos patogênicos, parasitas, especialmente em alimentos que são consumidos crus ou parcialmente processados, além de apresentar característica única de poder ser aplicada em alimentos congelados e embalados (FARKAS, 1998).

No Brasil, a Resolução RDC n° 21 de 26/01/2001 aprovou o "Regulamento Técnico para a Irradiação de Alimentos" que permite a irradiação de qualquer alimento, com a condição de que a dose máxima absorvida seja inferior àquela que comprometa as propriedades funcionais e/ou os atributos sensoriais do alimento e que a dose mínima absorvida seja suficiente para alcançar o objetivo pretendido (BRASIL, 2001).

A irradiação de alimentos é um método de conservação de alimentos que se desenvolve desde o início do século XX. Sua aplicação pode ser uma forma efetiva de reduzir a incidência de doenças alimentares e no tratamento de vários problemas potenciais em nossa cadeia de produção de alimentos (LIMA et al, 2001).

Este processo aumenta a vida útil do alimento através da redução dos níveis de bactérias patogênicas, outros microrganismos e parasitas que causam doenças alimentares. A irradiação, também inativa organismos deteriorantes de alimentos, incluindo bactérias, fungos e leveduras. Pode ser efetivo no aumento do *shelf life* de frutos e vegetais pela diminuição dos processos fisiológicos, como o crescimento, amadurecimento e brotamento, além de atuar como controle fitossanitário como parte de um programa quarentenário (LIMA et al., 2001). Segundo a INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY – IAEA (2006), doses de 2 kGy reduzem o número de bactérias patogênicas de 3 a 4 ciclos logarítmicos e leveduras de 1 a 2 ciclos, além desse método não deixar resíduos nos alimentos.

O impacto da irradiação sobre os nutrientes tem sido motivo de muitas pesquisas na área de alimentos, observando-se que as alterações são as mesmas que ocorrem nos outros processos empregados na conservação dos alimentos, principalmente no que se refere à oxidação de lipídios, formação de radicais livres entre outros. Contudo, na irradiação essas alterações podem ser minimizadas, simplesmente pela mudança das condições de processo, como, por exemplo, o emprego de embalagens com atmosfera

modificada (MAP). Por isso, o valor nutricional dos alimentos não é significativamente afetado pela irradiação, onde os macronutrientes são relativamente estáveis, quando os alimentos são expostos à dose máxima de irradiação de 10 kGy. Os micronutrientes, em especial as vitaminas, podem sofrer redução em pequenas proporções pelo emprego de irradiação. A sensibilidade das vitaminas ao processo é variada, dependendo das condições nas quais se irradiam os alimentos. As vitaminas C e B<sub>1</sub> são as mais sensíveis no grupo das hidrossolúveis e, as vitaminas E e A as mais sensíveis no grupo das lipossolúveis (LIMA et al., 2001).

A irradiação de alimentos é o tratamento através de um determinado tipo de energia, sendo que o processo consiste em submetê-los, já embalados ou a granel, a uma quantidade minuciosamente controlada de radiação ionizante, por um tempo prefixado, com objetivos determinados (GRUPO CONSULTIVO INTERNACIONAL SOBRE IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS, 1990). É um tratamento coadjuvante que tem mostrado ser eficiente na diminuição de contagens microbianas, mantendo a qualidade físico-química, nutricional e sensorial dos alimentos, bem como, uma alternativa ao controle de insetos, servindo como tratamento quarentenário.

É um tratamento que envolve a exposição direta a elétrons ou raios eletromagnéticos, preservando e mantendo a segurança e a qualidade dos alimentos expostos a energia. Dentre as fontes de radiação está o Cobalto-60, que produz raios gama com alto poder de penetração capazes de promover a desinfestação de insetos, diminuir o ritmo de amadurecimento de frutas e hortaliças, com doses baixas (100 Gy a 1kGy) e eliminar microrganismos patogênicos e parasitas (doses 1 a 3kGy), pois, pode promover alteração na molécula de DNA (ácido desoxirribonucléico) microbiano impedindo sua reprodução (LACROIX & OUATTARA, 2000).

É uma tecnologia aprovada pelo Food and Drugs Administration (FDA) para o uso em frutas e hortaliças até a dose máxima de 1kGy para controle de maturação (PRAKASH et al., 2000), extensão da vida útil e redução da carga microbiana, até a dose de 10kGy (MARIN-HUACHACA et al., 2004), e esterilização de materiais médico-hospitalares com doses maiores de 10kGy (VENUGOPAL et al., 1999), além de ser utilizada como tratamento quarentenário para frutas e hortaliças para exportação (ANIMAL AND PLANT HEALTH INSPECTION SERVICE/US DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2002).



No Brasil, é uma tecnologia aprovada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), segundo a Resolução – RDC nº. 21 de 26 de janeiro de 2001, que determina que “qualquer alimento poderá ser tratado por radiação desde que sejam observadas as condições de dose mínima, a qual deve ser suficiente para alcançar a finalidade pretendida, e a dose máxima absorvida, deve ser inferior àquela que comprometeria as propriedades funcionais e/ou os atributos sensoriais do alimento” (BRASIL, 2001).

Nas frutas climatéricas, a utilização da radiação ionizante, como outros procedimentos pós-colheita, tem como função estender a fase pré-climatérica de frutas colhidas em pré maturação, permitindo seu o transporte e manuseio até chegarem aos centros de consumo com qualidade, porém quando as doses utilizadas não estão de acordo com os objetivos pretendidos, os frutos podem apresentar algumas injúrias (MOLINS, 2001).

#### **4.4. Tratamento quarentenário**

A eliminação de doenças e pragas de plantas por procedimentos quarentenários é uma prática antiga e valiosa. A palavra quarentena vem do latim quadraginta (40) e da

prática de manter um navio fora do porto por 40 dias se houver suspeita de alguma doença. Métodos quarentenários aplicados com rigor e cuidado têm evitado a dispersão de doenças vegetais e pragas em inúmeras ocasiões. Todavia, com o aumento do número de viagens internacionais e intensificação do comércio entre países, as barreiras quarentenárias estão difíceis de serem mantidas e tem havido constantemente a introdução de pragas em diversas partes do mundo (DUARTE & MALAVASI, 2000).

Os países desenvolvidos impõem elevadas taxas que restringem o acesso de produtos agropecuários e protegem seus produtores da concorrência internacional, além de barreiras não-tarifárias que dificultam o acesso aos mercados dos países ricos, incluindo as restrições quantitativas, sanitárias e fitossanitárias, fazendo com que a abertura do mercado mundial ainda esteja longe de ser um comércio completamente livre (INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS, 2004).

Dentre os tratamentos físicos utilizados, pasteurização, congelamento entre outros, a radiação ionizante tem se mostrado eficiente, tanto no controle fitossanitário, como na conservação de frutas e hortaliças, apresentando a vantagem de penetrar uniformemente no tecido vegetal, atuando em qualquer etapa de desenvolvimento das larvas de mosca-

das-frutas e de outras pragas dos alimentos vegetais, sem alterar as características físico-químicas, nutricionais e sensoriais das hortaliças (ARTHUR et al., 1993; ARTHUR & WIENDL, 1994; FONTES & ARTHUR, 1994; GOMEZ et al., 1999; HALLMAN & MARTINEZ, 2001; HARA et al., 2002; SIQUEIRA, 2007).

## **5. MATERIAL E MÉTODO**

### **5.1. Matéria-prima**

Foram utilizados frutos provenientes do estado de Goiás, da safra de outubro/novembro 2004 e outubro/novembro de 2005, adquiridos no mercado local da cidade de Ceres. Os frutos, estágio médio de maturação, foram colhidos pelo sistema de “vara ao pé” o que provocou várias injúrias aos mesmos. Tinham em média  $110 \pm 40$  g e a maioria era trilocular (60%) e o restante era bilocular (25%) e quadrilocular (15%).

As análises realizaram-se nos laboratórios do departamento de Irradiação de Alimentos e Radioentomologia do CENA/USP e no laboratório de Bromatologia e Nutrição Humana do Departamento de Ciências de Alimentos da ESALQ/USP.

### **5.2. Processamento da matéria-prima**

Procedeu-se à classificação visual dos frutos quanto à presença de injúrias físicas (cortes, podridão, queimaduras e machucados), químicas ou microbiológicas (presença de fungos). Os frutos injuriados foram descartados (10% do total), e os selecionados, lavados em solução de cloro a 100 ppm (partes por milhão) por 20 minutos e, em seguida, enxaguados em água limpa clorada, escorridos e separando-se a casca (exocarpo) e os

putamens<sup>1</sup> (mesocarpo interno mais endocarpo) por meio de facas de aço inox. Os caroços foram embalados a vácuo em filme de polietileno biorientado, etiquetados com as doses de irradiação dos tratamentos e armazenados em câmara fria a  $-30 \pm 2$  °C até as análises. As cascas foram descartadas.

### 5.3. Irradiação dos frutos

As amostras embaladas em filme biorientado a vácuo, foram irradiadas em doses que variaram de 0 a 10 kGy no irradiador multi-propósito do Instituto de Pesquisas em Energia Nuclear da USP-IPEN com taxa de dose de 3,55 kGy/hora (30/03/2005) e 3,04 kGy (23/11/2006), colocados em câmara climática a 10°C e foram analisados nos tempos 0 e 10 dias de armazenamento.

Numa etapa preliminar estabeleceu-se a dose máxima e na etapa seguinte, as doses experimentais. Na primeira, utilizou-se as doses 3,0; 5,0 e 10,0 kGy, para verificar o comportamento do pequi frente a doses mais altas. Na segunda etapa, foram utilizadas as doses experimentais menores (0,0; 0,4; 0,6 e 1,0 kGy) para estabelecer a dose ideal

---

<sup>1</sup> Definição dada por OLIVEIRA *et al.* 2006 e VIEIRA *et al.* 2005: constituem-se da semente envolta pelo endocarpo rígido e espinhoso e pelo mesocarpo interno (polpa).

visando conservar os frutos com as menores modificações nas propriedades organolépticas.

#### **5.4. Análises físico-químicas**

- **Cinzas**

A análise de cinzas foi realizada conforme AOAC (1995), onde um grama da amostra foi pesado em cadinho tarado em balança analítica e levado à mufla a 550°C por 4 horas e depois colocados em dessecador para resfriamento. Em seguida, os cadinhos mais amostras foram pesados novamente e o teor de cinzas foi determinado pela fórmula:

$$\text{CINZAS} = \frac{(\text{cadinho+cinzas}) - \text{tara do cadinho} \times 100}{\text{Peso da amostra}}$$

Os valores foram expressos em porcentagem de cinzas por 100 gramas de amostra. Para este teste os frutos de pequi foram irradiados nas doses 0,0; 0,4; 0,6 e 1,0 kGy.

- **Teor de umidade**

Determinada por diferença, com os resultados expressos em % de umidade perdida, conforme procedimento descrito por AOAC (1995).

Um grama da amostra foi pesado em cadinho de porcelana tarado e colocado em estufa de circulação de ar forçado a 105 °C, até peso constante (24 h). Os cadinhos foram

colocados em dessecador até resfriamento e pesados em balança analítica. Realizou-se triplicata de cada tratamento. O teor de umidade foi calculado conforme a fórmula abaixo.

$$\% \text{ Umidade} = 100 - \frac{\{(\text{cadinho} + \text{amostra}) - (\text{tara do cadinho})\} \times 100}{\text{peso da amostra}}$$

- **Fibras solúvel e insolúvel**

O teor de fibra solúvel e insolúvel foi determinado conforme ASP et al. (1983) com modificações. Antes da análise, as amostras foram desengorduradas com refluxo contínuo de éter etílico em aparato de Soxhlet, em seguida, um grama da amostra desengordurada foi pesada em Béquer (triplicata) e adicionada de 25 mL de tampão fosfato 0,1 M em pH 6,0 e agitado levemente, em seguida, adicionou-se 120 µL de alfa amilase e vedou-se com parafilme, incubando em banho-maria por 15 minutos, agitando a cada 5 minutos. Após a fervura, adicionou-se 20 mL de água destilada o pH foi ajustado para 1,5 com HCl. Juntou-se um 0,1 g de Pepsina e incubou-se a 40°C por 1 hora. Dois cadinhos com placa porosa foram separados para cada uma das triplicatas (um para solúvel e outro para insolúvel) e adicionados de celite. Os cadinhos foram levados à estufa a 105°C por 60 minutos. As amostras foram retiradas do banho-maria e

adicionadas de 20 mL água destilada e o pH foi ajustado a 6,8 com NaOH. Adicionou-se 0,1 de Pancreatina (Sigma) e incubou-se a 40°C por 60 minutos. Os cadinhos foram tarados em balança analítica e as amostras filtradas sob vácuo. Ao filtrado, adicionou-se 20 mL de água destilada, 20 mL de etanol 95% e 20 mL de acetona. Os cadinhos para fibra insolúvel foram levados à estufa 105°C por uma noite e os de fibra solúvel foram adicionados de 500 mL de etanol PA e deixados decantar por 5 horas, em seguida, acrescentou-se 20 mL de etanol 78%, 20 mL de etanol 95% e 20 mL de acetona. Após a filtragem, o cadinho foi levado à estufa 105°C até peso constante e depois pesado. Levou-se 2 cadinhos da fibra solúvel e 2 cadinhos da fibra insolúvel para a mufla 550°C por 5 horas e pesou-se após o resfriamento em dessecador. No restante dos cadinhos foi determinado teor de proteína pelo método Kjeldahl. O branco foi realizado utilizando-se o mesmo procedimento sem as amostras. Os valores de fibra solúvel e insolúvel foram expressos em porcentagem (%) de acordo com a fórmula abaixo.

As análises de fibra alimentar foram feitas em pequis irradiados nas doses 0,0; 0,4; 0,6 e 1,0 kGy.

$$\% \text{ fibra (in) solúvel} = \frac{D - I - B \times 100 - \% \text{ prot.}}{W}$$



Onde:

W = peso amostra (g)  
D = peso após secar (g)  
I = peso após incinerar (g)  
B = branco

- **pH**

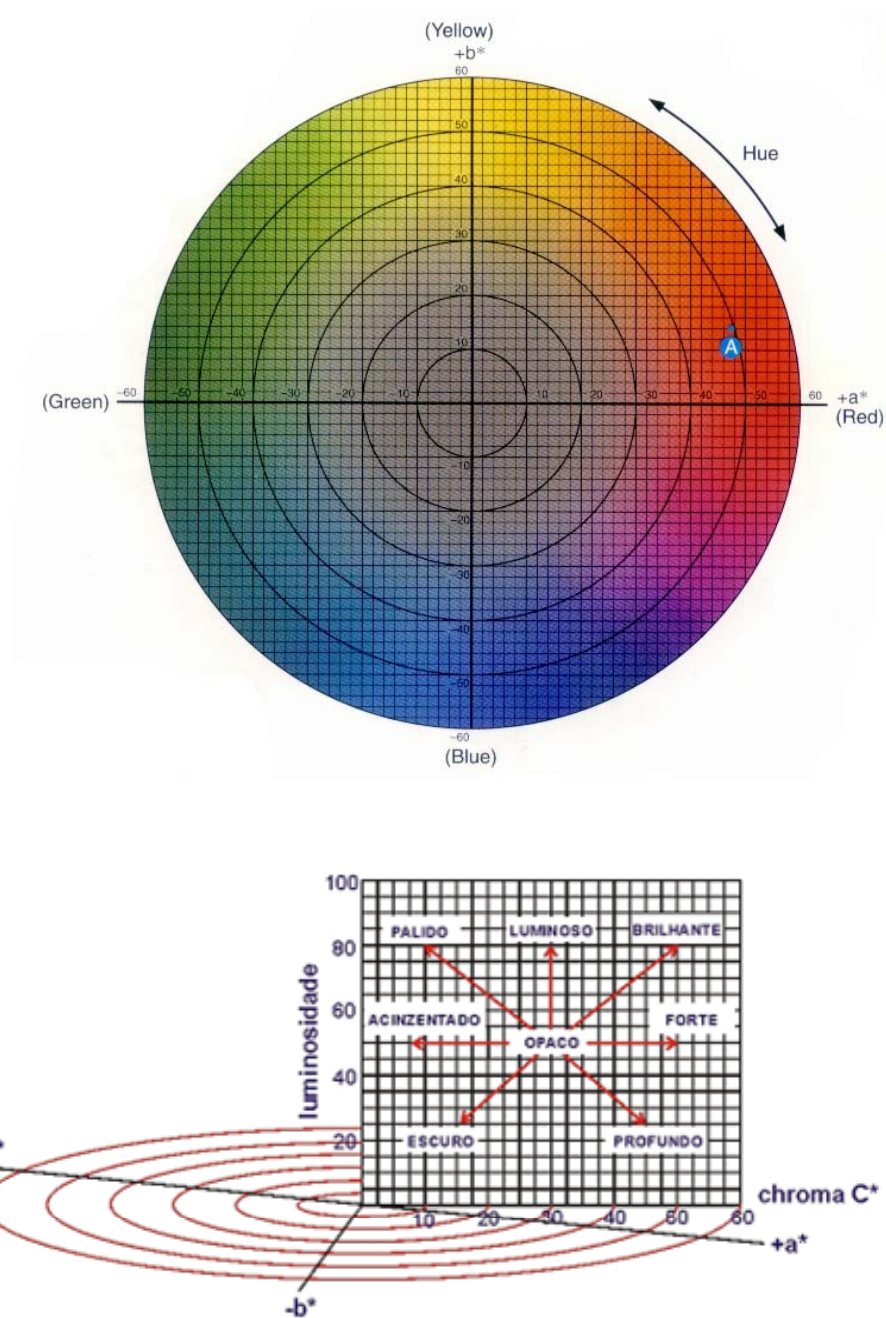
Determinado no suco após trituração da polpa e filtragem em malha fina, mediante pH-metro modelo Tec-3MP da Tecnal, segundo normas do Instituto Adolfo Lutz (IAL,1985). Foram feitas três repetições por amostra, utilizando as doses de radiação de 0,0; 0,4; 0,6 e 1,0 kGy.

- **Análise de cor da polpa**

A cor foi determinada na polpa dos putamens de pequi, no 1° e no 10° dia após irradiação (controle, 3, 5 e 10 kGy), por refletância no colorímetro Color Meter Minolta, modelo CR-300, no sistema a\*, b\* e L com abertura de 12 mm de diâmetro. Os parâmetros de cor medidos em relação à placa branca (L = 90,23; a\* = -2,32; b\* = 1,38) foram: L = luminosidade (0=preto e 100=branco); a\* (-80 até zero = verde, do zero ao +100 = vermelho); b\* (-100 até zero = azul, do zero ao +70 = amarelo). A Figura 5 mostra a escala cromática do Sistema CIE Lab utilizada como parâmetro para as leituras de cor com o colorímetro Minolta.

- **Extrato etéreo (EE)**

Analisaram-se, em triplicata, as amostras tratadas com as doses de radiação de 0,0; 3,0; 5,0 e 10,0 kGy. A análise foi realizada conforme descrito por AOAC (1995), onde um grama da amostra foi pesado em cartucho de celulose (papel filtro), mantido em aparato de Soxhlet por 4 horas em refluxo constante, o óleo mais o solvente (éter de petróleo PA) foram coletados em tubos previamente tarados e identificados, logo após, o solvente foi retirado por destilação e a amostra foi levada à estufa a 105°C por 30 minutos. Após a secagem, a amostra foi levada para dessecador até o resfriamento completo e pesada em balança analítica. Os valores foram expressos em porcentagem de extrato etéreo (%)  $(\text{[tubo+amostra]-peso tubo} \times 100)$ .



Fonte: MODA, 2008.

**Figura 5: Escala cromática do sistema CIE Lab, com os respectivos eixos de orientação.**

- **Proteínas**

Esse método é baseado na transformação do nitrogênio da amostra em sulfato de amônio, por digestão ácida, e em nitrogênio amoniacal por destilação em meio alcalino.

As proteínas e outros compostos nitrogenados são decompostos na presença de ácido sulfúrico concentrado a quente, com produção de sulfato de amônio. O sulfato de potássio ou sódio é adicionado para aumentar o ponto de ebulição do ácido sulfúrico, apressando a digestão. O sulfato de amônio resultante, na presença da solução concentrada de hidróxido de sódio, libera  $\text{NH}_3$  que é recebido na solução de ácido bórico. A amônia, na solução de ácido bórico, é titulada com ácido sulfúrico, de título conhecido, e, assim, determina-se o teor de nitrogênio da amostra.

Foram realizadas de acordo com as metodologias indicadas pela AOAC (1995).  
Pesou-se 0,1 grama da amostra em tubo de digestão e adicionou-se 5 mL de solução digestora por 12 horas os tubos foram levados para o bloco digestor a  $350^\circ\text{C}$ , adicionou-se 10 mL de água destilada. Em seguida, procedeu-se a destilação adicionando-se 15 mL de NaOH 11 N e usando 5 mL de ácido bórico como indicador aparando-se o destilado até a mudança de cor de vermelho para verde. Quando o volume no Erlenmeyer dobrou,

foi realizada titulação com  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,02 N até a viragem para rosa. Anotou-se o volume gasto e calculou-se a proteína bruta existente na amostra pela fórmula **% de proteína** = mL da titulação x 0,02 N x 14 x 6,25. Para este experimento utilizou-se as mesmas doses de radiação gama do teste de cinzas.

- **Acidez total titulável (ATT)**

Determinada pelo procedimento eletrométrico e titulometria com NaOH 0,1 N, em que o eletrodo do pH-metro modelo Tec-3MP da Tecnal foi mergulhado na solução contendo 10 mL da amostra mais 20 mL de água destilada. A titulação foi efetuada até o pH atingir  $\pm 8,2$  (referente ao pH de mudança de coloração do indicador fenolftaleína), segundo normas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 1985). Foram feitas três repetições por amostra e os resultados expressos em percentual de ácido cítrico. Utilizou-se as doses de radiação gama de 0,0; 0,4; 0,6 e 1,0 kGy.

- **Sólidos solúveis totais (SST)**

Determinados por leitura direta em refratômetro, corrigida em relação à temperatura e ácido cítrico contido na amostra, com resultados expressos em °Brix (IAL, 1985). Determinados após trituração da polpa e filtragem em malha fina. Foi utilizado o

refratômetro da marca ATAGO modelo PZO RR11, Nr. 20700, 0 – 35 °Brix, com compensação de temperatura a 20°C. Foram feitas três repetições por amostra irradiada (0,0; 0,4; 0,6 e 1,0 kGy) e os resultados expressos em °Brix, segundo normas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 1985).

- **Relação SST/ ATT**

Determinada pelo quociente entre as variáveis sólido solúveis totais e acidez total titulável (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

- **Textura**

Determinada com auxílio de um penetrômetro de bancada, com ponteira de 6,6 mm de diâmetro, através de três medições na seção equatorial em uma mesma raiz, obtendo-se a pressão requerida à penetração em  $\text{kg mm}^{-2}$  (COELHO, 1994). Utilizou-se as amostras irradiadas nas doses 0,0; 0,4; 0,6 e 1,0 kGy.

- **Ácido ascórbico:**

Determinada pelo método de Tillmans, segundo Normas do IAL (1985), com resultados expressos em  $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ . Determinado imediatamente após a trituração da polpa e filtragem em malha fina. Utilizou-se um volume de 5 mL da amostra, tendo como

estabilizador o ácido oxálico 0,4% e titulação com 2,6-diclorofenolindofenol, sendo este o principal reagente da análise (Reagente de Tillmans). Foram feitas três repetições por amostra irradiada nas doses 0,0; 0,4; 0,6 e 1,0 kGy.

- **Carotenóides totais**

A extração foi realizada com o emprego do método descrito por RODRIGUEZ et al. (1976), através da extração com hexano e acetona 1:1. O extrato foi filtrado a vácuo com auxílio de funil de Büchner, até perda de cor, e os pigmentos contendo os carotenóides, lavados com água destilada até completa remoção do hexano e acetona, e os carotenóides foram determinados por espectrofotometria a 470 nm de acordo com o procedimento descrito por CARVALHO et al. (1991). A clorofila foi avaliada de acordo com metodologia de LICHTENTHALER (1987), pesando-se aproximadamente 2g da amostra triturada e acrescentando-se 18 mL de acetona a 80%. A seguir, a mistura foi centrifugada em 5000 rpm por 3 a 4 minutos. A leitura do sobrenadante realizou-se em espectrofotômetro a 663 nm (clorofila a), 646 nm (clorofila b) e 470 nm (carotenóides). Os dados foram calculados em  $\mu\text{g mL}^{-1}$  para cada amostra irradiada (0,0; 0,4; 0,6 e 1,0 kG).

- **Capacidade antioxidante**

Foi determinada conforme descrito por ROESLER et al. (2007) com modificações. O radical estável 2,2-difenil-1-picril hidrazil (DPPH') tem sido amplamente utilizado para avaliar a capacidade de antioxidantes naturais em sequestrar radicais livres (BRAND-WILLIAMS et al., 1995; BONDET et al., 1997; SANCHEZ-MORENO et al., 1998). A partir do extrato etanólico, soluções etanólicas com concentração de  $30 \mu\text{g mL}^{-1}$  foram preparadas pela adição de 500 mL de DPPH' (0,004% m.v<sup>-1</sup>), e o volume final foi ajustado para 600 mL com etanol. A concentração final dos extratos nas cubetas foi de  $1,0 \text{ mg.mL}^{-1}$ . Cada amostra foi incubada 30 minutos à temperatura ambiente no escuro. O controle foi preparado conforme procedimento acima, sem adição de extrato, e etanol foi utilizado para correção da linha de base. A solução de DPPH' foi preparada diariamente e estocada em frascos cobertos com folhas de alumínio, mantidas no escuro a 4 °C até o momento das determinações. O percentual de decréscimo na absorbância foi medido para cada concentração e a capacidade de sequestrar radicais livres foi calculada com base no decréscimo da absorbância observada. Mudanças na absorbância da amostra foram acompanhadas a 517 nm.



A capacidade de sequestrar radical livre foi expressa como percentual de inibição de oxidação do radical e calculado conforme fórmula: **% Inibição = 1 - ((ADPPH - AExtr)/ADPPH)\*100**.

Onde ADPPH é a absorvância da solução de DPPH' e AExtr é a absorvância da amostra em solução. AExtr foi calculado com base na diferença da absorvância da solução de amostra em teste com seu branco. O valor de IC50 é definido com a concentração final em  $\text{mg.mL}^{-1}$  do extrato seco presente na cubeta, requerido para decrescer a concentração inicial de DPPH em 50%. As análises foram realizadas em triplicata para cada amostra (0,0; 0,4; 0,6 e 1,0 kG).

### **5.5. Análises estatísticas**

As análises estatísticas foram realizadas aplicando-se o Teste F para análise de variância e o Teste de Tukey para verificar a interação entre as variáveis em nível de  $p \geq 0,05$ , utilizando-se o software SAS STATISTICA for Windows. No primeiro experimento foram 4 tratamentos (doses 0,0; 3,0; 5,0 e 10,0 kGy) e 2 tempos de armazenagem (1° e 10° dia) e no segundo experimento foram 4 tratamentos (doses 0,0; 0,4; 0,6 e 1,0 kGy) e 1 dia de armazenamento.

## 6. RESULTADO E DISCUSSÃO

### 6.1. Análises de cinza, perda de umidade, fibras solúveis, fibras insolúveis, pH, matéria seca

Na Tabela 5 estão expressos os resultados obtidos das análises para cinzas, umidade, fibra solúvel, fibra insolúvel, pH e matéria seca de pequis irradiados.

**Tabela 5: Resultados de umidade, cinzas, fibra solúvel, fibra insolúvel, pH e matéria seca de pequi irradiado ( $100\text{g}^{-1}$  de polpa).**

Dose (kGy)	Umidade (%)	Cinzas (%)	Fibra Soluv.(%)	Fibra Insol. (%)	Matéria Seca (%)	pH
0,0	25,53 <sup>a</sup>	5,77 <sup>a</sup>	4.42 <sup>a</sup>	8.28 <sup>a</sup>	53.41 <sup>a</sup>	3,69 <sup>a</sup>
0,4	23,49 <sup>b</sup>	6,15 <sup>b</sup>	5.56 <sup>a</sup>	7.61 <sup>a</sup>	49.63 <sup>b</sup>	3,49 <sup>b</sup>
0,6	24,93 <sup>a</sup>	6,05 <sup>b</sup>	5.00 <sup>a</sup>	7.06 <sup>b</sup>	62.91 <sup>c</sup>	3,43 <sup>b</sup>
1,0	29,43 <sup>c</sup>	5,73 <sup>a</sup>	5.37 <sup>a</sup>	7.73 <sup>a</sup>	56.71 <sup>d</sup>	3,49 <sup>b</sup>

Letras iguais na mesma coluna indicam que não houve diferença significativa entre os tratamentos. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre os tratamentos ( $p \geq 0,05$ ).

A perda de umidade variou significativamente em 22,98% entre o menor e o maior valor encontrado, respectivamente para as amostras tratadas com as doses 0,4 e 1,0 kGy. O controle apresentou perda de umidade maior que a amostra irradiada com dose de 0,4 kGy e igual à dose de radiação de 0,6 kGy. A amostra irradiada com a dose 1,0 kGy apresentou a maior perda de umidade, provavelmente em decorrência da perda da permeabilidade da membrana celular que facilitou a desidratação. Muitos autores têm observado alterações na perda de peso de frutos irradiados, mas tal fenômeno é dependente do tipo de fruto (climatérico ou não climatérico), da dose aplicada e das

condições de armazenamento (O'BEIRNE, 1989; MURRAY et al., 1990; CHEFTEL et al., 1992; FEITOSA et al., 2005). Segundo BLEINROHT (1991), a taxa de água perdida, sem haver deterioração, é variável para cada vegetal e sobretudo não deve passar de 10%.

O teor de fibra solúvel não apresentou diferenças significativas. Somando-se fibra solúvel e insolúvel obtém-se a fibra total, que neste trabalho apresentou média de 17,13% de fibra total para o controle. Este valor é superior ao encontrado por LIMA et al. (2007), que encontraram média de 10,02% em polpa de pequi. Esta diferença pode estar relacionada com a origem dos frutos, época de colheita, diferenças na metodologia de análise entre outros.

As diferenças encontradas para cinzas, fibra insolúvel e matéria seca foram significantes, mas muito pequenas. Provavelmente estas diferenças estejam ligadas às variações na perda de umidade. É sabido que baixas doses de radiação gama não interferem nesses parâmetros.

Observou-se decréscimo significativo dos valores de pH para as amostras irradiadas em relação ao controle, mas não diferiram estatisticamente entre si. Foram encontradas pequenas variações nos valores do pH para as diferentes doses aplicadas nas

amostras, entretanto, mesmo pequenas variações nessa característica podem representar alterações no sabor dos frutos (IAL, 1985). Esses resultados corroboram com os encontrados em outros trabalhos em que se constataram poucas variações no pH. Quando tangerinas foram irradiadas com doses de 0,5 e 1,0 kGy e armazenadas sob temperatura de 17°C, o pH da polpa se manteve inalterado durante 21 dias (IRRADIAÇÃO, 1996). BEYERS & THOMAS (1979), ao estudarem os efeitos da dose de 125 Gy na polpa de manga e mamão, relataram que mudanças químicas foram consideradas muito pequenas, com variação no pH entre 0 a 15% após três meses de armazenamento. Em frutos, a elevação do pH tem sido associada com a utilização dos ácidos orgânicos, armazenados nos vacúolos, como substratos respiratórios (PAUL & ROHRBACH, 1982; MEDLICOTT & JEGER, 1987).

## **6.2. Análises de textura, SST, ATT e relação SST/ATT.**

Na Tabela 6 estão mostrados os resultados das análises de textura, sólidos solúveis, acidez total titulável e da relação SST/ATT.

A textura teve aumento significativo nas amostras irradiadas em relação ao controle, mas não foi significativo entre as doses aplicadas

**Tabela 6: Resultados das análises de textura, SST, ATT e relação SST/ATT.**

Dose (kGy)	Textura (Newton g <sup>-1</sup> )	SST (°Brix)	ATT (% Ácido Cítrico)	SST/ATT
0,0	35,86 <sup>a</sup>	15,92 <sup>a</sup>	0,63 <sup>a</sup>	25,27 <sup>a</sup>
0,4	38,36 <sup>b</sup>	14,25 <sup>b</sup>	0,57 <sup>b</sup>	25,00 <sup>a</sup>
0,6	39,89 <sup>b</sup>	14,47 <sup>b</sup>	0,60 <sup>c</sup>	24,12 <sup>b</sup>
1,0	39,37 <sup>b</sup>	14,88 <sup>b</sup>	0,60 <sup>c</sup>	24,80 <sup>a</sup>

Letras iguais indicam que não houve diferenças significativas e letras diferentes indicam diferenças ( $p \geq 0,05$ ).

O teor de sólidos solúveis das amostras irradiadas apresentou diminuição significativa em relação ao controle, mas não foi significativo entre os tratamentos utilizados. O teor de SST é um fator determinante no amadurecimento dos vegetais.

A ATT das amostras irradiadas apresentou decréscimo significativo em relação ao controle, mas pouco diferiu entre os tratamentos aplicados. Estes resultados se contrapõe aos obtidos por CASTRICINI et al. (2002) em tomates irradiados (0,25; 0,5 e 1,0 kGy) que demonstraram aumento significativo nos níveis de ATT e concordam com os dados obtidos por FAN & MATTHEIS (2001), trabalhando com doses de radiação gama (zero, 440, 880 e 1.320 Gy) em maçã ‘Gala’, onde a acidez da polpa diminuiu com o aumento das doses após três semanas de armazenamento sob 20°C.

A relação SST/ATT não apresentou diferenças significativas, apenas amostras irradiadas com a dose 0,6 kGy diferiram dos demais tratamentos. Isto demonstra a estabilidade dos frutos do pequi frente às doses aplicadas.

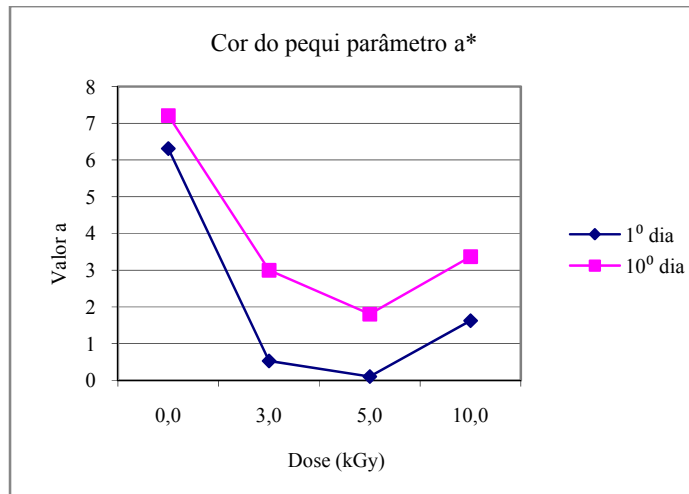
DOMARCO et al. (1999), também encontraram uma relação entre as doses de 1 e 5 kGy e os valores da razão sólidos solúveis/acidez titulável (ratio) quando trabalharam com uva Itália, observando aumento nos valores com o aumento das doses de radiação.

Esses dois parâmetros (SST e ATT) são importantes em relação ao sabor, sendo que o aumento no teor de açúcar de uma fruta está condicionado à manutenção da mesma na planta, sendo influenciada positivamente por algumas práticas culturais como a adubação e a poda verde. Quando se colhe uma fruta verde, com baixo teor de sólidos solúveis totais, esta não sintetizará novos açúcares, tornando-se de baixa qualidade. Por outro lado, o alto conteúdo de ácidos orgânicos presentes em frutas verdes também interferem negativamente na qualidade final do produto, visto que afetam indiretamente a percepção da doçura. Normalmente, em todas as frutas de caroço, as alterações que ocorrem durante o amadurecimento, incluem a redução da acidez (GIRARDI & ROMBALDI, 2003).

Segundo OLIVAS & BARBOSA-CÁNOVAS (2005), os conteúdos de ácido tendem a diminuir e o de açúcar (sólidos solúveis) aumentar com a maturidade dos frutos. O conteúdo e a perda de água em frutas durante o armazenamento devem ser sempre considerados para a interpretação dos valores de acidez titulável e sólidos solúveis.

### 6.3. Análise de cor

Nesta etapa, os frutos irradiados apresentaram-se com perda de coloração em relação ao controle. As amostras foram analisadas nos dias 1º e 10º após a irradiação e os resultados são mostrados nas Figuras 6, 7 e 8.



**Figura 6: Cor do pequi irradiado para o parâmetro a\* em relação ao tempo de armazenamento.**

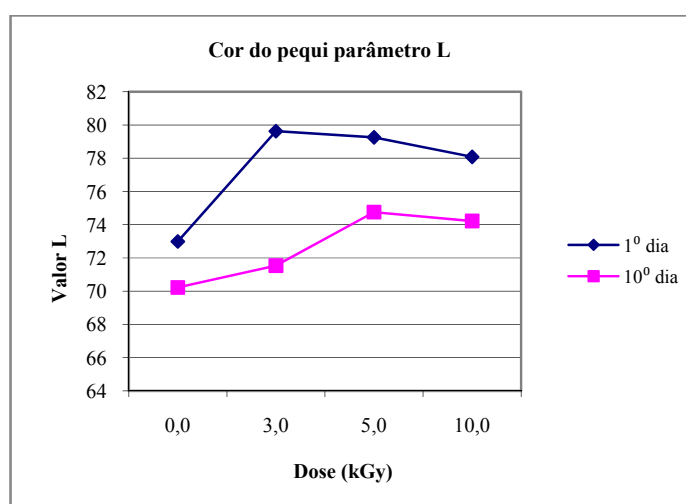
Observaram-se diminuições significativas entre os tratamentos e o controle, indicando uma ação efetiva das doses experimentais sobre o parâmetro de cor  $a^*$ , tanto para a dose aplicada quanto para o tempo de armazenamento.

O tratamento com a dose 5 kGy foi o tratamento que demonstrou maior efeito da radiação ionizante, e a amostra tratada com a dose 3,0 kGy maior efeito em relação ao tempo de armazenamento. Como o valor  $a^*$  é um dos indicativos de amadurecimento, os resultados indicaram um amadurecimento dos frutos durante o armazenamento. A amostra tratada com a dose 10,0 kGy apresentou menor efeito da radiação em relação às doses aplicadas. Isto demonstra que a maior dose aplicada conseguiu inibir, em parte, o amadurecimento do pequi.

O amadurecimento de frutos se dá pela alteração nos valores de  $a^*$  indicando mudanças na fotossíntese dos pigmentos, ou seja, a degradação da clorofila e síntese de carotenóides, bem como a reação de oxidação que ocorrem espontaneamente. Quando os carotenos se combinam com o oxigênio do ar, com exposição à luz, umidade relativa, presença de enzimas oxidativas, atividade de água e metais, as reações oxidativas tendem a se acelerar (LIMA et al., 2001). Dos três principais atributos de qualidade das frutas



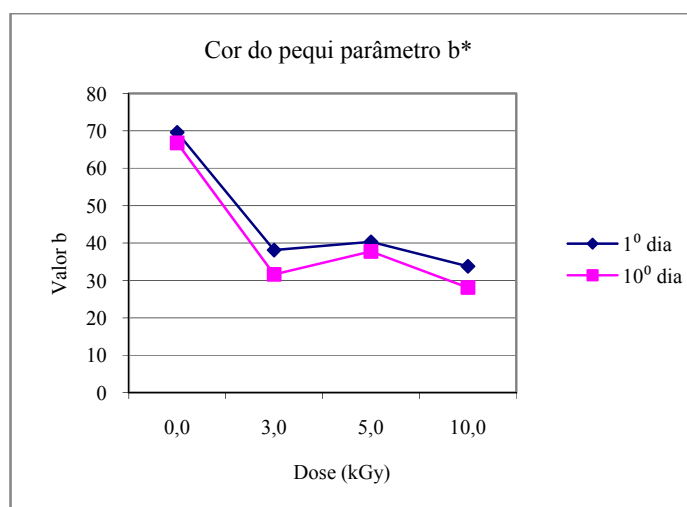
(cor, sabor e firmeza), a cor torna-se cada vez mais importante, à medida que elas são comercializadas, expostas e vendidas em supermercados, feiras, varejões, entre outros. As modificações na coloração correspondem aos principais critérios de julgamento para identificação do amadurecimento dos frutos, devido à degradação de alguns pigmentos e formação de outros, como clorofila, carotenóides e antocianinas (CHITARRA & CHITARRA, 2005).



**Figura 7: Cor do pequi irradiado para o parâmetro L em relação ao tempo de armazenamento.**

Para o parâmetro L os frutos irradiados apresentaram decréscimo em relação ao tempo de estocagem em todos os tratamentos, sendo que a luminosidade apresentou aumento em relação à dose de radiação aplicada, com isso os frutos se apresentavam com

coloração escurecida. Para as amostras tratadas com a dose 3,0 kGy verificou-se maior variação negativa do valor L entre o 1º dia de estocagem e o 10º dia. O aumento da luminosidade indica o clareamento dos frutos devido às doses de radiação aplicadas e a diminuição da luminosidade devido ao tempo de armazenagem indica o escurecimento dos frutos devido à degradação dos pigmentos do fruto do pequi. Esse mesmo comportamento foi observado por SILVA (2004) pesquisando os efeitos da radiação gama em abacates.



**Figura 8: Cor do pequi irradiado para o parâmetro b\* em relação ao tempo de armazenamento.**

O valor b\* indica o espectro do azul (valores negativos) ao amarelo (valores positivos). Houve decréscimo significativo do valor b\* para todas as amostras irradiadas em relação ao controle. O tempo de armazenagem não influenciou significativamente neste

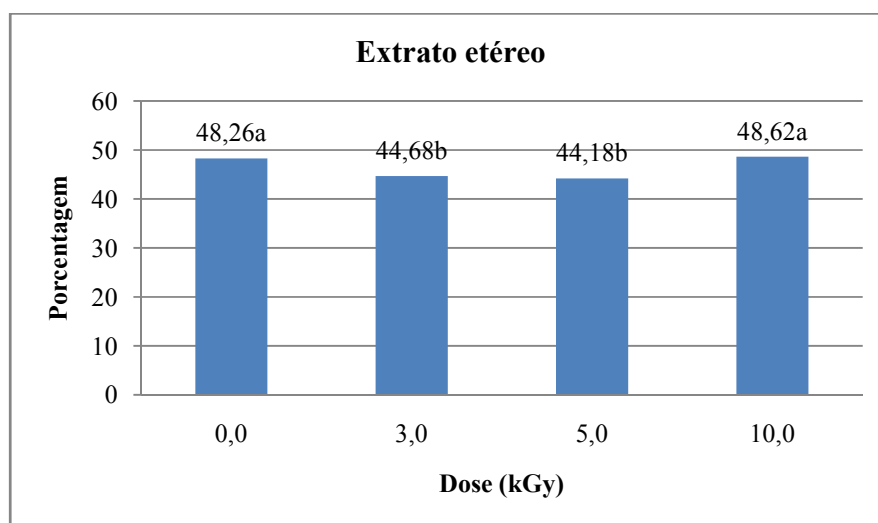
parâmetro. Os menores valores de  $b^*$  foram observados para frutos tratados com a dose 10,0 kGy seguido daqueles tratados com a dose 3,0 kGy, com redução superior a 50%.

SIQUEIRA (2007) não encontrou diferenças significativas para o valor  $b^*$  na polpa de melões Cantaloupe irradiados (0,0; 0,15; 0,45 e 0,90 kGy).

#### **6.4. Extrato etéreo (EE)**

Os dados da Figura 9 mostram os valores médios do extrato etéreo de pequis irradiados, onde se constata que os valores obtidos são superiores aos obtidos por outros autores (TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS, 2006).

Verificou-se que os tratamentos com 3,0 e 5,0 kGy igualaram entre si, apresentando as menores médias de EE. Já os tratamentos com a dose de 10,0 kGy igualou-se ao controle. O menor valor de EE foi encontrado para dose 5,0 kGy e o maior para a dose 10,0 kGy. O controle apresentou teores de EE de mais de 48% e foram maiores que os encontrados por CARVALHO & BURGER (1960), FERREIRA et al. (1987), RAMOS (1987), FRANCO (1989), VILELA (1998) e LIMA et al. (2007).



**Figura 9: Teores médios de extrato etéreo do pequi irradiado nas doses 0, 3, 5 e 10 kGy. Letras iguais indicam que não houve diferença significativa e letras diferentes indicam diferenças significativas ( $p \geq 0,05$ ).**

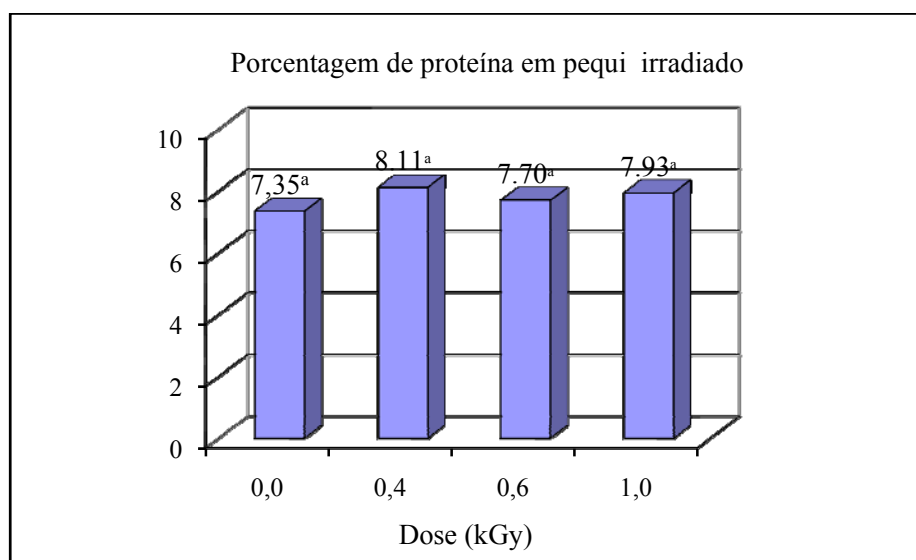
Observa-se grande variação nos resultados devido às diferenças de cultivar, região, clima, época do ano e método de análise. Mas, estudos recentes (TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS, 2006) têm concordado com os resultados obtidos neste estudo.

Analisando o teor de EE da polpa de pequi em dois estádios de maturação, CARVALHO & BURGER (1960) observaram que o teor foi de  $5,76g\ 100g^{-1}$  nos frutos não maduros e de  $10g\ 100g^{-1}$ , nos frutos maduros. Comparando-se os valores médios obtidos do presente trabalho com os obtidos por VILELA (1998), observa-se que ambos se equiparam, mas são superiores aos valores de  $10g\ 100g^{-1}$  e  $14,83g\ 100g^{-1}$  relatados por

CARVALHO & BURGER (1960) e FERREIRA et al. (1987), em frutos coletados em Brasília-DF e Luiziânia- GO, respectivamente. Valores bem superiores (32,55%) foram observados por RAMOS (1987) em frutos oriundos de Campo Grande - MS. Observando-se a Tabela de composição química dos alimentos (FRANCO, 1989), constata-se que o teor de EE do pequi é comparável ao da macaúba, do babaçu e do abacate. Além disso, o óleo de pequi é considerado de excelente qualidade por ter sua maior parte constituída de ácidos graxos insaturados.

### 6.5. Proteína

O teor de proteína do pequi irradiado está apresentado na Figura 10.



**Figura 10: Valores em porcentagem de proteína de pequi irradiado. Letras iguais indicam que não houve diferença significativa ( $p \geq 0,05$ ).**

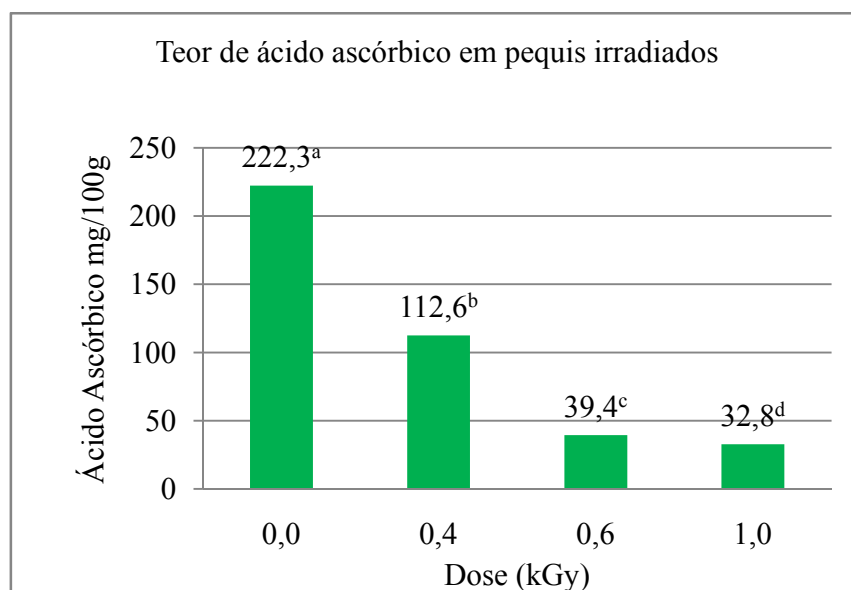
Não houve diferenças significativas nos teores de proteína entre os tratamentos e o controle, mas observou-se pequeno aumento nas amostras irradiadas. A maior diferença foi de menos de 1% entre o controle e a dose de radiação de 0,4 kGy. Os valores encontrados neste trabalho são maiores que os encontrados por outros autores (OLIVEIRA et al., 2006; TACO 2006 e LIMA et al., 2007). OLIVEIRA et al. (2006) encontraram valores entre 3,54 e 4,04 % de proteína na polpa de pequis oriundos de Luziânia-GO, valores estes inferiores aos encontrados por VILELA (1998) que encontrou teores de 4,9 a 6,0% em pequis da mesma região e Brasilândia-MG, respectivamente.

Em frutos procedentes de outras regiões, FERREIRA et al. (1987) obtiveram o valor de 1,61g/100g para pequis de Luiziânia-GO e CARVALHO & BURGER (1960) constataram teores de 2,65g/100g para frutos de pequi da região de Brasília-DF.

Observa-se grande variação nos resultados entre diferentes trabalhos devido às diferenças de cultivar pesquisada, região, clima, época do ano, método de análise entre outros.

### 6.6. Ácido ascórbico (AA)

Os tratamentos demonstraram efeito significativo sobre os teores de AA em relação ao controle. A figura 11 mostra os teores de ácido ascórbico do pequi irradiado.



**Figura 11: Teores médios de ácido ascórbico do pequi irradiado em função da dose de radiação aplicada. Letras iguais indicam que não houve diferenças significativas e letras diferentes indicam diferenças ( $p \geq 0,05$ ).**

Observou-se decréscimo significativo dos teores de ácido ascórbico dos frutos de pequi irradiados, proporcional à dose aplicada. As perdas chegaram à ordem de 49,85% para as amostras tratadas com a dose 0,4 kGy, 82,28% para as tratadas com a dose 0,6 kGy e 85,25% para as amostras tratadas com a dose 1,0 kGy, em relação ao controle. SPOTO (1988) encontrou resultados similares trabalhando com suco de laranja irradiado em doses de 0,0 a 7,5 kGy, onde o decréscimo do teor de AA foi proporcional ao

aumento da dose aplicada. Os valores de ácido ascórbico do controle estão acima dos encontrados na TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS (2006). Isto pode ser devido às diferenças de local de obtenção dos frutos, época do ano, metodologia de processamento e de análise entre outros.

A Tabela 7 mostra valores dos teores médios de Vitamina C de alguns alimentos da dieta média do brasileiro comparados aos do pequi.

**Tabela 7: Composição em Vitamina C de alguns alimentos da dieta média do brasileiro comparados com os teores do pequi.**

Alimento	Vitamina C (mg 100g <sup>-1</sup> )
Acerola	1475 <sup>1</sup>
Banana maçã	10,5 <sup>2</sup>
Maçã argentina	3 <sup>2</sup>
Manga Tommy	8 <sup>2</sup>
Melancia	6,1 <sup>2</sup>
Pequi	8,3 <sup>2</sup>

Fonte: 1- GOMES et al., 2005; 2- Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (2006).

Como pode-se observar na Tabela 7, o pequi tem uma quantidade razoável de vitamina C comparando-se à banana maçã e superior à maçã argentina, à manga Tommy e à melancia.

A vitamina C é a mais instável das vitaminas por ser sensível aos agentes físico-químicos como a luz, o oxigênio e o calor. KLEIN (1987) citou que a perda de

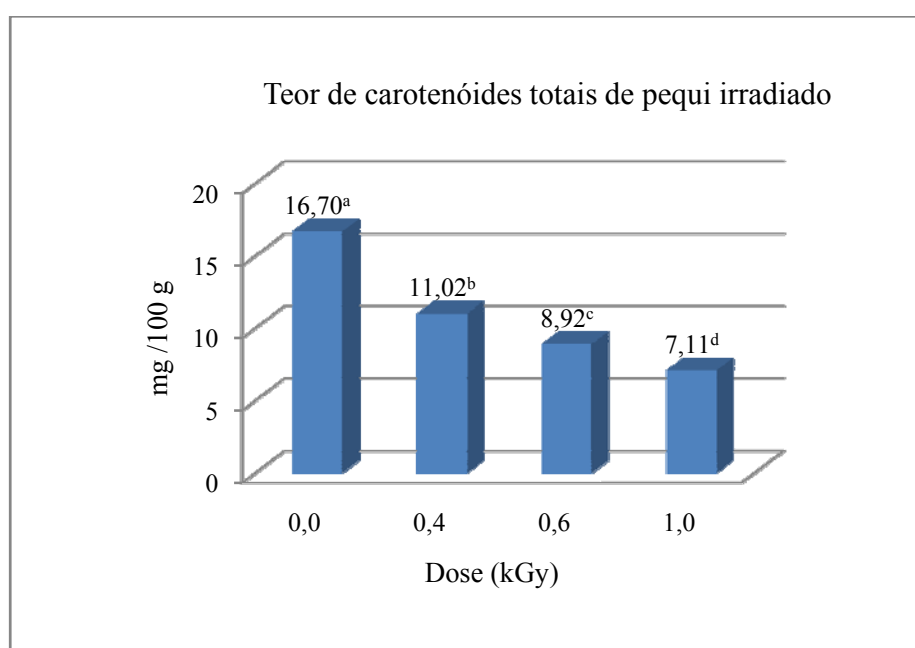


estabilidade do ácido ascórbico é consequência de vários fatores, como o rompimento celular por dano ao tecido, corte ou moedura, então quanto maior o processamento, maiores as perdas de AA. Dependendo das condições, o AA pode agir como um antioxidante, como pró-oxidante, como quelante de metais, como agente redutor ou como sequestrante de oxigênio reativo. Em sistemas aquosos contendo metais, o AA pode agir como um pró-oxidante reduzindo os metais, os quais tornam mais ativa a oxidação em seu estado de valência mais baixo. Na ausência de metais, o AA é um efetivo antioxidante em altas concentrações. Em meios não aquosos, o AA e seus ésteres não são bons antioxidantes (FRANKEL, 1996). Ácido ascórbico e tocoferol são amplamente distribuídos na dieta humana e têm sido relacionados ao sequestro de radicais livres que provocam danos às células (ALISTE & DEL MASTRO, 2004). Há evidências de que os antioxidantes podem sequestrar ou neutralizar os radicais livres gerados pelo processo de irradiação dos alimentos (LEE & AHN, 2003). Nutrientes como o ácido ascórbico ou “Vitamina C” apresentam um papel crucial na prevenção ou na redução de danos de doenças degenerativas. Em alguns casos, há a possibilidade de certos componentes reagirem com radicais vitamínicos intermediários e regenerar a vitamina original, como é

o caso do radical  $\alpha$ -tocoferol e o ácido ascórbico, em que a perda inicial de vitamina formaria radicais intermediários e que poderiam diminuir as perdas de vitamina e sua aparente sensibilidade à radiação (FAO/IAEA/WHO, 1999).

### 6.7. Carotenóides totais

A Figura 12 demonstra os resultados obtidos para o teor de carotenóides totais do pequi irradiado.



**Figura 12: Teores médios de carotenóides totais em pequis irradiados. Letras iguais indicam que não houve diferença significativa entre os tratamentos e letras diferentes indicam diferenças estatísticas entre os tratamentos ( $p \geq 0,05$ ).**

Observou-se ação efetiva da dose de irradiação com conseqüente diminuição dos teores de carotenóides totais das amostras irradiadas. As perdas chegaram a 45,56%

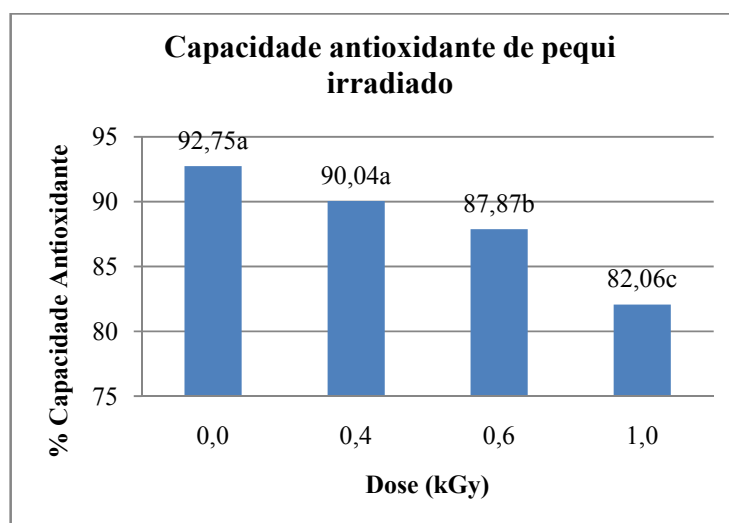
obtida nas amostras tratadas com a dose 1,0 kGy em relação ao controle. O maior valor encontrado foi de 16,70 mg 100g<sup>-1</sup> para o controle experimental e a menor para o tratamento com 1,0 kGy (7,11 mg 100g<sup>-1</sup>). Os valores de carotenóides totais do controle são maiores que os encontrados por GODOY & RODRIGUES-AMAYA (1994), LIMA et al. (2007) e ROESLER et al. (2007).

Estes resultados estão de acordo com LIMA et al., 2004, que observaram efeito similar em cenouras irradiadas com 0,25, 0,50, 0,75 e 1,0 kGy, onde as maiores perdas de carotenóides se deram proporcionalmente às doses aplicadas, chegando a 31% nas amostras tratadas com a dose 1,0 kGy.

### **6.8. Capacidade antioxidante**

Os resultados da capacidade antioxidante de pequi irradiados estão representados na Figura 13 e foram expressos como percentual de inibição de oxidação do radical DPPH.

Como pode ser observado na Figura 13, o processamento teve efeito significativo na redução da capacidade antioxidante dos frutos de pequi irradiados em relação ao controle, mas principalmente para as doses de irradiação 0,6 e 1,0 kGy.



**Figura 13: Resultado da análise de capacidade antioxidante de pequis irradiados. Letras iguais indicam diferenças não significativas e letras diferentes indicam diferenças significativas ( $p \geq 0,05$ ).**

As reduções na capacidade antioxidante do pequi irradiado foram de 2,92%, 5,26% e 11,52% para as amostras tratadas com as doses 0,4 kGy, 0,6 kGy e 1,0 kGy, respectivamente.

Os valores apresentados neste estudo corroboram com os encontrados por ROESLER et al. (2007) estudaram a atividade antioxidante de frutas do cerrado, entre elas o pequi, e encontraram para a concentração de  $2500 \mu\text{g mL}^{-1}$  uma atividade antioxidante de 90% para o extrato etanólico e 78% para o extrato aquoso. A pequena diferença encontrada entre este trabalho e os dados de nosso estudo se deve, provavelmente, ao tempo entre a obtenção dos frutos e suas análises.

KHATTAK et al. (2008) encontraram efeito semelhante na diminuição atividade antioxidante de *Nigella sativa* quando irradiada com doses de 2 a 16 kGy, sendo que para alguns solventes experimentais, foi encontrado o aumento da atividade antioxidante com o aumento da dose aplicada.

SUHAJ et al. (2006) investigaram os efeitos da radiação gama (5,0 a 30,0 kGy) na atividade antioxidante de pimenta preta desidratada e observaram decréscimo significativo para todas as doses aplicadas.

Os níveis de 92,75% da capacidade antioxidante do controle experimental está de acordo com o encontrado por PAULA-JUNIOR et al. (2006) que investigaram a capacidade antimicrobiana, anti leishmaniótica e antioxidante de frutos de pequi.

ROESLER et al. (2007) verificaram a excelente capacidade antioxidante dos frutos de pequi e de outras frutas do cerrado brasileiro, destacando sua importância econômica para a indústria farmacêutica e de cosméticos.

Os compostos antioxidantes naturais (vitaminas, carotenóides, compostos fenólicos entre outros) presentes na dieta humana podem prevenir ou reduzir os efeitos mutagênicos e carcinogênicos, e muitos estudos têm demonstrado que um aumento no

consumo de frutas e vegetais ricos em antioxidantes diminuem o nível dos danos oxidativos do DNA (DUTHIE et al., 1996; COLLINS et al., 2001; DUSINSKA et al., 2003 e ROESLER et al., 2007).

Na Tabela 8 são mostrados os valores médios dos principais componentes antioxidantes presentes no pequi, onde se observa a grande quantidade de composto que valorizam o pequi como alimento e como uma “commodity” de crescente importância econômica.

**Tabela 8: Principais compostos antioxidantes do pequi.**

Ácido Graxo (mg.100 <sup>-1</sup> g)		Minerais (mg.100 <sup>-1</sup> g)		Vitaminas (mg.100 <sup>-1</sup> g)		Carotenóides presentes
Ácido oléico	53,9	Fe	800	Vitamina C	12	β-caroteno
Ácido palmítico	40,2	Ca	50	Riboflavina	0,46	β-criptoxantina
Ácido esteárico	2,3	Na	2,1	Niacina	0,39	Luteína
Ácido linoléico	1,5	Mn	0,6	Tiamina	0,03	Neoxantina
Ácido palmitoléico	1,4	Zn	0,5	Vitamina A	20.000 U*	Violaxantina
Ácido linolênico	0,7	Cu	0,4			Zeaxantina
Ácido aracdônico	0,2	K	0,02			
		P	0,006			
		Mg	0,005			

\*Exceto para Vitamina A, que é em unidades por 100g.

Fonte: Ácidos graxos (FACIOLI & GONÇALVES, 1998); Minerais, Vitaminas e Carotenóides (AZEVEDO-MELEIRO & RODRIGUES-AMAYA, 2004).

As vitaminas tiamina, riboflavina e piridoxina têm se mostrado tolerantes à radiação gama, mesmo em doses elevadas. VILLAVICÊNCIO et al. (2000) observaram, em feijões irradiados (0,5; 1,0; 2,5; 5,0 e 10,0 kGy) que os teores dessas vitaminas pouco

se alteraram até a dose de 5 kGy, sendo significativa o decréscimo somente para a piridoxina nas doses 5,0 e 10,0 kGy. Isto nos leva a crer que, possivelmente, nas doses utilizadas no pequi, os níveis dessas vitaminas não foram afetadas significativamente.

## 7. CONCLUSÕES

Após análises dos resultados, infere-se que:

A radiação gama do Cobalto-60 foi efetiva na manutenção das propriedades nutricionais dos frutos de pequi.

O pequi não suportou doses altas de radiação, pois doses acima de 1,0 kGy descoloriram e escureceram os frutos tornando-os opacos, o que os inviabiliza comercialmente, tendo em vista que o consumidor compra este fruto baseando-se, geralmente, na coloração amarelo-alaranjada característica desse fruto.

Os carotenóides totais do pequi foram afetados, proporcionalmente, pelo aumento das doses de radiação dos tratamentos aplicados, sendo que entre as doses 0,4 e 0,6 kGy se encontram os melhores resultados com as menores perdas.

A capacidade antioxidante dos frutos de pequi irradiados diminuiu, proporcionalmente, ao aumento da dose aplicada. Os principais componentes com



atividade antioxidante afetados foram, principalmente, os teores de vitamina C e carotenóides totais.

O processo de irradiação dos frutos de pequi é uma tecnologia viável que mostrou resultados promissores na sua conservação, sendo recomendado doses de radiação gama entre 0,4 e 0,6 kGy.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ALISTE, A. J.; DEL MASTRO, N. L. Ascorbic acid as radiation protector on polysaccharides used in food industry. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, Amsterdam, v. 249, p. 131-133, 2004.

ALMEIDA, S. P.; PROENÇA, C. E. B.; SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado**: espécies vegetais úteis. Planaltina, DF: EMBRAPA, CPAC, 1998, 446 p.

ALMEIDA, S. P.; SILVA, J. A. **Piqui e buriti**: Importância alimentar para a população dos Cerrados. Planaltina, DF: EMBRAPA, CPAC, 1994. 38 p.

ANIMAL AND PLANT HEALTH INSPECTION SERVICE/US DEPARTMENT OF AGRICULTURE - APHIS/USDA. Irradiation phytosanitary treatment of imported fruits and vegetables. Final rules. **Federal Register**, Washington, v. 67, n. 205, p. 65016-65029, 2002.

ARAÚJO, F. D. A review of *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae) – Na economical valuable species of the central Brazilian Cerrados. **Economic Botany**, Bronx, v. 49, n. 1, p. 40-48, 1995.

ARTHUR, V.; CARCERES, C.; WIENDL, F. M. Controle da infestação natural de *Ceratitis capitata*, (WIED. 1824) (DIPTERA, TEPHRITIDAE) em pêssegos (*Prunus pérsica*) através de radiações gama. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 50, n. 3, p. 329-332, 1993.

ARTHUR, V.; CARCERES, C.; WIENDL, F. M.; WIENDL, J. A. Control of naturally infested peaches (*Prunus persica*) by mediterranean fruit fly (*Ceratitis capitata*) through the use of gamma radiation. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 50, n. 3, p. 329-332, 1993.

ARTHUR, V.; WIENDL, P.M. Desinfestation of *Averrhoa carambola* infested with *Anastrepha obliqua* (mac. 1835) (diptera - Tephritidae) using gamma radiation. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 51, n. 2, 1994 .

ASP, N.G.; CLAES, G.J.; HALLMER, H.; SILJESTRON, M. Rapid enzymatic assay of insoluble and soluble dietary fiber. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Bethesda, v.31, n.3, p.476-482, 1983.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 12. ed. Washington, DC: AOAC, 1995. 948 p.

AZEVEDO-MELEIRO, C. H.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Confirmation of the identity of the carotenoids of tropical fruits by HPLC-DAD and HPLC-MS. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 17, p. 385-396, 2004.

BARRADAS, M. M. Morfologia do fruto e da semente de *Caryocar brasiliense* (piqui) em várias fases de desenvolvimento. **Revista de Biologia**, Lisboa, v. 9, p. 69-84, 1973.

BEYERS, M.; THOMAS, A. C. Gamma irradiation of sub-tropical fruits: Changes in certain nutrient in mango, papaya and litchi during canning, freezing and gamma irradiation. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Easton, v. 27, n. 1, p. 48-51, 1979.

BLEINROTH, E. W. Determinação do ponto de colheita, maturação e conservação das frutas. In: SOLER, M. P.; BLEIROTH, E. W.; IADEROZA, M.; DRAETTA, I. S.; LEITÃO, M. F. F.; RADOMILE, L. R.; TOCCHINI, R. P.; FERREIRA, V. L. P.; MORI, E. E. M.; SOLER, R. M.; ARDITO, E. F. G.; XAVIER, R. L.; TEIXEIRA NETO, R. O. **Industrialização de frutas**. Campinas: ITAL, 1991. 15 p. (Manual Técnico, 8).

BONDET, V.; BRAND-WILLIAMS, W.; BERSET, C. Kinetics and mechanisms of antioxidant activity using the DPPH free radical method. **Lebensmittel - Wissenschaft und Technologie**, Oxford, v. 30, n. 6, p. 609-615, 1997.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel - Wissenschaft und Technologie**, Oxford, v. 28, p. 25-30, 1995.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Resolução RDC n. 40, de 21 de março de 2001. **Rotulagem nutricional obrigatória de alimentos e bebidas embalados**. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br>. Acesso em: jan. 2004.

\_\_\_\_\_. Decreto n. 3029, de 16 de abril de 1999. **Regulamento técnico para irradiação de alimentos**. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br>. Acesso em: jan. 2001.

\_\_\_\_\_. **Official methods of analysis**. 16. ed. Maryland: AOAC, 1999. cap. 33, 35.

\_\_\_\_\_. Resolução RDC n. 21, de 26 de jan. 2001. Aprova o Regulamento Técnico para Irradiação de Alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, n.20-E, 29 de janeiro de 2001. Seção 1, p.35.

BURDITT JUNIOR, A. K. Irradiation as a quarantine treatment. **Plant Protection Bulletin**, Rome, v. 39, n. 1, p. 25-33, 1990.

- BURDITT, A. K. Food irradiation as a quarantine treatment of fruits. **Food Technology**, Champaign, v. 36, p. 51-62, 1982.
- CARVALHO, C.R.L.; MANTOVANI, D.M.B.; CARVALHO, P.R.N.; MORAES, R.M.M. **Análises químicas de alimentos**. Campinas: ITAL, 1990. 121 p. (Manual Técnico).
- CARVALHO, M.C.; BURGER, O.N. **Contribuição ao estudo do pequi de Brasília**. Brasília: SPS, 1960. 15 p. (Coleção Estudo e Pesquisa Alimentar, 50).
- CARVALHO, P.R.N.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.; COLLINS, C.H.; CARVALHO, C.R.L. Determinação de Carotenóides Provitamina A por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE). **Coletânea do ITAL**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 317-328, 1991.
- CASTRICINI, A.; MEDEIROS, S.F.; CONEGLIAN, R.C.C.; VITAL, H.C. Uso da radiação gama na conservação pós-colheita do tomate de mesa (*Lycopersicon esculentum* MILL.): fruto “de vez”. **Revista Universidade Rural. Série Ciências da Vida**, Seropédica, v. 22, n. 2, p. 223-229, 2002. Suplemento.
- CENTRAL DO CERRADO. <http://www.centraldocerrado.org.br/pequi-caryocar-brasiliense-camb.html/>. Acessado em: junho/2008.
- CHEFTEL, J.C.; CHEFTEL, H.; BESANÇON, P. Metodos de conservacion. Tratamiento por la radiaciones ionizantes. In: CHEFTEL, H.; CHEFTEL, J.C. **Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1992. v. 2, p. 277-284.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. p. 273-275; 541-753.
- CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças**. Lavras: FAEPE, 1990. 293 p.
- COELHO, A. H. R. Qualidade pós-colheita de pêssegos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 17, n. 180, p. 31-39, 1994.
- COLLINS, B. H.; HORSKÁ, A.; HOTTEN, P. M.; RIDDOCH, C.; COLLINS, A. R. Kiwifruit protects against oxidative DNA damage in human cells and in vitro. **Nutrition and Cancer**, Philadelphia, v. 39, p. 148-153, 2001.
- DOMARCO, R. E.; SPOTO, M. H. F.; BLUMER, L.; WALDER, J. M. M. Sinergia da radiação ionizante e do aquecimento na vida de prateleira da uva ‘Itália. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 981-986, 1999.

DUARTE, A. L.; MALAVASI, A. L. Tratamentos quarentenários. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A. (Ed.). **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2000. p. 187-192.

DUSINSKÁ, M.; KAZIMIROVÁ, A.; BARANCOKOVÁ, M.; BENO, M.; SMOLKOVÁ, B.; HORSKÁ, A.; RASLOVÁ, K.; WSLOVÁ, L.; COLLINS, A. R. Nutritional supplementation with antioxidants decreases chromosomal damage in humans. **Mutagenesis**, Oxford, v. 18, p. 371-376, 2003.

DUTHIE, S.J.; MA, A.; ROSS, M.A.; COLLINS, AR Antioxidant supplementation decreases oxidative DNA damage in human lymphocytes. **Cancer Research**, Baltimore, v. 56, p. 1291-1295, 1996.

FACIOLI, N.L.; GONÇALVES, A.G. Modificação por via enzimática da composição triglicéridica do óleo de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb). **Química Nova**, São Paulo, v. 21, p. 16-19, 1998.

FAN, X.; MATTHEIS, J.P. 1-Methylcyclopropene and storage temperature influence responses of 'Gala' apple fruit to gamma irradiation. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 23, n. 2, p. 143-151, 2001.

FAO/IAEA/WHO. **Joint FAO/IAEA/WHO study group on high dose irradiation** (Wholesomeness of food irradiation with doses above 10 kGy). Geneve: WHO, 1999.

FARKAS, J. Irradiation as a method for decontamination food. A review: decontamination of food of animal origin. **International Journal of Food Microbiology**, Raleigh, v. 44, p.189- 204, 1998.

FEITOSA, H.O.; CONEGLIAN, R.C.C.; CASTRICINI, A.; SOUSA, C.M.; MARTINS, C.M.; VITAL H.C. efeito da radiação gama e de fitorregulador na fisiologia pós-colheita de mamão (*Carica papaya* L.). **Revista Universidade Rural. Série Ciências da Vida**, Seropédica, v. 25, n. 1, p. 6-11, 2005.

FERREIRA, F.R.; BIANCO, S.; DURIGAN, J.F.; BELINGIERE, P.A. Caracterização física e química de frutos maduros de pequi. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 9., 1987, Campinas. **Anais...** Campinas: SBF, 1988.

FONTES, L. S.; ARTHUR, V. Gamma radiation effects on eggs of *Tribolium castaneum* (Herbst., 1797) (Coleoptera: Tenebrionidae). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 51, n. 3, 1994 .

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. 8. ed. São Paulo: Atheneu, 1989. p. 5-8.

FRANKEL, E.N. Antioxidant in lipid foods and their impact on food quality. **Food Chemistry**, Barking, v. 57, p. 51–55, 1996.

GIRARDI, C.L.; ROMBALDI, C.V. **Sistema de produção de pêssego de mesa na região da Serra Gaúcha**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2003. (Sistema de Produção, 3). Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pessegueo/PessegodeMesaRegiaoSerraGaucha/index.htm>. Acesso em: abril 2008.

GODOY, H. T.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Occurrence of cis-Isomers of provitamin A in brazilian fruits. **Journal Agricultural Food Chemistry**, Easton, v. 42, p. 1306-1313, 1994.

GOMES, E.R.S.; MENDES, E.S.; PEREIRA, N.C.; BARROS, S.T.D. Evaluation of the acerola juice concentrated by reverse osmosis. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 48, n. special, p. 175-183, 2005.

GOMEZ, M.L.P.A.; LAJOLO, F.M.; CORDENUNSI, B.R. Metabolismo de carboidratos durante o amadurecimento do mamão (*Carica papaya* L. Cv. Solo): influência da radiação gama. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 246-252, 1999.

GRUPO CONSULTIVO INTERNACIONAL SOBRE IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS -GCHIA. **A irradiação de alimentos: ficção e realidade**. Ficha descritiva 1-14. s.n.t. 1990. 40 p.

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

HALLMAN, G. J.; MARTINEZ, L. R. Ionizing irradiation quarantine treatment against Mexican fruit fly (Diptera: Tephritidae) in citrus fruits. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 23, n. 1, p. 71-77, 2001.

HARA, A. H.; YALEMAR, J. A.; JANG, E. B.; MOY, J. H. Irradiation as a possible quarantine treatment for green scale *Coccus viridis* (Green) (Homoptera: Coccidae). **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 25, n. 3, p. 349-358, 2002.

HASLER, C. M.; HUSTON, R. L.; CAUDILL, E. M. The impact of the nutrition labeling and education act on functional foods. In: SHAPIRO, R. (Ed.). **Nutrition labeling handbook**. New York: Marcel Dekker, 1995. chap. 21, p. 471-493.

HASLER, C.M. Functional foods: benefits, concerns and challenges—a position paper from the American Council on Science and Health. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 132, p. 3772–3781, 2002.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da extração vegetal e da silvicultura**. Rio de Janeiro, v. 20, p. 1 – 50, 2005.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da extração vegetal e da silvicultura**. Rio de Janeiro, v. 21, p. 1 – 55, 2006.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. 3. ed. São Paulo, 1985. v. 1, 533 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS - IBRAF. **Acompanhamento e análise do mercado internacional**: Estados Unidos, barreiras às exportações frutícolas. São Paulo: IBRAF, 2004. (Relatório, 01-04).

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Use of irradiation to ensure the hygienic quality of fresh, pre-cut fruits and vegetables and other minimally processed food of plant origin**. Vienna: IAEA, 2006. 321 p. (TECDOC, 1530).

IRRADIAÇÃO preserva a qualidade de tangerina. **Irradiação de Alimentos**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 4, 1996.

KADER, A. A. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. **Food Technology**, v. 40, n. 6, p. 94-104, 1986.

KADER, A. A. Postharvest biology and technology: an overview. In: KADER, A. A. (Ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. Oakland: University of California, 1992. p. 15-20.

KHATTAK, K. F.; SIMPSON, T.J.; IHASNULLAH. Effect of gamma irradiation on the extraction yield, total phenolic content and free radical-scavenging activity of *Nigella sativa* seed. **Food Chemistry**, Barking, v. 110, p. 967-972, 2008. doi:10.1016/j.foodchem.2008.03.003.

KILCAST, D. Effect of irradiation on vitamins. **Food Chemistry**, Barking, v. 49, p. 157-164, 1994.

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

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

LEE, E.J.; AHN, D.U. Effects of antioxidants on the production of offodor volatiles and lipid oxidation in irradiated turkey breast meat and meat homogenates, **Journal of Food Science**, Chicago, v. 68, p. 1631–1638, 2003.

LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods in Enzymology. Plant Cell Membranes**, London, v. 148, n. 22, p. 350-373, 1987.

LIMA, A.; SILVA, A.M.O.; TRINDADE, R.A.; TORRES, R.P.; MANCINI-FILHO, J. Composição química e compostos bioativos presentes na polpa e na amêndoa do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v. 29, n. 3, p. 695 – 698, dezembro, 2007.

LIMA, K.S.C.; GROSSI, J.L.S.; LIMA, A.L.S.; ALVES, P.F.M.P.; CONEGLIAN, R.C.C.; GODOY, R.L.O.; SABAA-SRUR, A.U.O. Efeito da irradiação ionizante  $\gamma$  na qualidade pós-colheita de cenouras (*Daucos carota* L.) cv Nantes. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 202-208, 2001.

LIMA, K.S.C.; LIMA, A.L.S.; FREITAS, L.C.; DELLA-MODESTA, R.C.; GODOY, R.L.O. Efeitos de baixas doses de irradiação nos carotenóides majoritários em cenouras prontas para o consumo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 2, p. 183-193, 2004.

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

LODGE, N.; HOGG, M. G.; FLETCHER, G. C. Gamma-irradiation of frozen kiwifruit pulp. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 50, p. 1224-1226, 1985.

LOZANO, J. E. El arte de evaluar los sabores. **La Alimentación Latinoamericana**, Buenos Aires, v. 33, n. 229, p. 42-43, 1999.

MARÍN-HUACHACA, N. S.; MANCINI FILHO, J.; DELINCÉE, H.; VILLAVICENCIO, A. L. C. H. Identification of gamma-irradiated papaya, melon and watermelon. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 71, p. 191-194, 2004.

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. Vienna: IAEA, 1996. p. 19-49. (TECDOC, 871).



MEDLICOTT, A. P.; JEGER, M. J. The development and application of postharvest handling treatment to manipulate ripening in mangoes. In: PINSLEY, R. T.; TUCKER, R. T. **Mangoes: a review**. London: Commonwealth Science Council, 1987. p. 56-77.

MILNER, J. A.; RIVLIN, R. S. Recent advances on the nutritional effects associated with the use of garlic as a supplement. Introduction. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 131, n. 3, p. 950S-951S, 2001.

MITCHELL, H. S.; RYNBERGEN, H. J.; ANDERSON, L.; DIBBLE, M. V. **Nutrição**. 16. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1978. 114 p.

MODA, E. M. **Aumento da vida útil de cogumelos *Pleurotus sajor-caju in natura* com aplicação de radiação gama**. 2008. 108 f. Tese (Doutorado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

MOLINS, R. A. **Food irradiation: principles and applications**. New York: Wiley-Interscience, 2001. p. 213-240.

MORAES, L. C. Irradiação de alimentos. **Alimentos & Tecnologia**, São Paulo, n. 87, p. 34-36, 2000.

MOY, J. H.; WONG, L. The efficacy and progress in using radiation as a quarantine treatment of tropical fruits - a case study in Hawaii. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 63, n. 3-6, p. 397-401, 2002.

MURRAY, A.J.; BID, C.R.; SCHUCH, W.W.; HOBSON, G.E. Nutritional aspects of food irradiation. **Food Irradiation Publisher International: Projects in the field of the irradiation**, Lancaster, n. 11, p. 21-32, 1981.

MURRAY, D. R. **Biology of food irradiation**. London: Research Studies Press, 1990. 255 p.

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

OLIVAS, G. I.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. Edible coatings for fresh-cut fruits. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 45, n. 7, p. 657-670, 2005.

OLIVEIRA, G. S. Pequi. **Globo Rural**, São Paulo, n. 38, p. 82-83, 1988.

OLIVEIRA, G. S.; NARAIN, N.; BRITO, E. S. Perfil de compostos voláteis do pequi do cerrado (*Caryocar brasiliense* Camb). In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIAS DE ALIMENTOS, 4., 2002, Campinas. **Resumos...** Campinas: Editora RVGE Ltda, 2002. 1 CD-ROM.

OLIVEIRA, M. M.; GILBERT, B.; MORS, W. B. Triterpenes in *Caryocar brasiliense*. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 40, n. 4, p. 451- 452, 1968.

OLIVEIRA, M. N. S.; GUSMÃO, E.; LOPES, P. S. N.; SIMÕES, M. O. M.; RIBEIRO, L. M.; DIAS, B. A. S. Estádio de maturação dos frutos e fatores relacionados aos aspectos nutritivos e de textura da polpa de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 380-386, 2006.

PAULA-JUNIOR, W.; ROCHA, F.H.; DONATTI, L.; FADEL-PICHETH, C.M.T.; WEFFORT-SANTOS, A.M. Leishmanicidal, antibacterial, and antioxidant activities of *Caryocar brasiliense* Cambess leaves hydroethanolic extract. **Revista Brasileira de farmacognosia**, João Pessoa, v. 16, p. 625-630, 2006. Suplemento.

PAULL, R. E.; ROHBACH, K. G. Juice characteristic and internal atmosphere of waxed Smooth Cayenne pineapple fruits. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Geneva, v. 107, n. 3, p. 448-452, 1982.

POTT, A.; POTT, V. J. **Plantas do Pantanal**. Corumbá: EMBRAPA, CPAP, 1994. 320 p.

PRAKASH, A.; INTHAJAK, P.; HUIBREGTSE, H.; CAPORASO, F.; FOLEY, D. M. Effects of low-dose gamma irradiation and conventional treatments a shelf life and quality characteristics of diced celery. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 65, n. 6, p. 1070-1075, 2000.

RAMOS, M. I. L. **Desidratação do piqui (*Caryocar brasiliense* Camb.)**: avaliação do processo através dos teores de carotenóides totais. 1987. 116 f. Dissertação (Mestrado)-Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.

RIBEIRO, R.F. Pequi: o rei do cerrado. Belo Horizonte: Rede Cerrado, 2000. 62p.

RODRIGUEZ, D. B.; RAYMOND, L. C.; LEE, T.; SIMPSON, K. L.; CHICHESTER, C. O. Carotenoid pigment changes in ripening *Momordica charantia* fruits. **Annals of Botany**, Oxford, v. 40, p. 615-624, 1976.

ROESLER, R.; MALTA, L. G.; CARRASCO, L. C.; HOLANDA, R. B.; SOUSA, C. A. S.; PASTORE, G. M. Atividade antioxidante de frutas do Cerrado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 53-60, 2007.

ROSS, R. T.; ENGELJOHN, D. Food irradiation in the United States: irradiation as a phytosanitary treatment for fresh fruits and vegetables and for the control of microorganisms in meat and poultry. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 57, n. 3-6, p. 211-214, 2000.

SANCHEZ-MORENO, C.; LAURRAURI, J. A.; SAURA –CALIXTO, F. A. Procedure to measure the anti-radical efficiency of polyphenols. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 76, n. 10, p. 270-276, 1998.

SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P. Cerrado: ambiente e flora. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. xii + 556p.

SILVA, L. K. F. **Uso da radiação gama do cobalto-60, para controlar a broca-do-abacate *Stenoma catenifer* Walsingham, 1912 (Lepidoptera: Elachistidae) e seus efeitos na qualidade do fruto de *Persea americana* (Miller) (Lauraceae)**. 2004. 99 f. Tese (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

SIQUEIRA, A. A. Z. C. **Utilização da radiação gama e melões Cantaloupe (*Cucumis melo* L. var. *Cantaloupensis*) como técnica de conservação pós-colheita**. 2007. 108 f. Tese (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

SIQUEIRA, M. I. D.; GERALDINE, R. M.; QUEIROZ, K. S.; TORRES, M. C. L. T.; SILVEIRA, M. F. A. **Conserva de pequi**. Goiânia: s.l., 1997. 22 p. (Manual Técnico, 2).

SPOTO, M. H. F. **Radiação gama na conservação do suco concentrado de laranja: características físicas, químicas e sensoriais**. 1988. 91 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1988.

STAVRIC, B. Antimutagens and anticarcinogens in foods. **Food and Chemical Toxicology**, v. 32, n. 1, p. 79-90, 1994.

SUHAJ, M.; RÁCOVÁ, J.; POLOVKA, M.; BREZOVÁ, V. Effects of gamma irradiation on antioxidant activity of black pepper (*Piper nigrum* L.). **Food Chemistry**, Barking, v. 97, n. 4, p. 696-704, 2006.

TABELA brasileira de composição de alimentos. Versão II. 2. ed. Campinas: NEPA, UNICAMP, 2006. 113 p.

VENUGOPAL, V.; DOKE, S.N.; THOMAS, P. Radiation processing to improve the quality of fishery products. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 30, n. 5, p. 391-440, 1999.

VERUMA-BERNARDI, M. R.; SPOTO, M. H. F. Efeito da radiação gama sobre o perfil sensorial de suco de laranja. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n.1, p. 28-32, 2003.

VIERIA, F. A.; PACHECO, M. V.; LOPES, P. S. N. Métodos de escarificação de putâmens de *Caryocar brasiliense* Camb. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça, v. 4, n. 8, dez. 2005. Disponível em: <http://www.fauf.edu.br/testergb/downloads/images/M%C3%A9todo%20de%20Escarifica%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: abril/2008

VILELA, G. F. **Variações em populações naturais de *Caryocar brasiliense* Camb. (*Caryocaraceae*): fenológicas, genéticas e de valores nutricionais de frutos**. 1998. 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1998.

VILLAVICENCIO, A. L. C. H.; MANCINI-FILHO, J.; DELINCÉE, H.; BOGNÁR, A. Effect of gamma irradiation on the thiamine, riboflavin and Vitamin B<sub>6</sub> content in two varieties of Brazilian beans. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 57, p. 299-303, 2000.