

Irradiação gama em amendoim para controle de *Aspergillus flavus*

L. F. Costa¹; E. B. da Silva¹; I. S. Oliveira²

¹Departamento de Energia Nuclear-DEN-UFPE, Av. Prof. Luiz Freire, 1000, Cidade Universitária, CEP: 50740-540, Recife-PE, Brasil

²Centro Acadêmico de Vitória-CAV-UFPE, Rua Alto do Reservatório, S/N – Bela Vista
CEP: 55608-680, Vitória de Santo Antão -PE, Brasil

lauryfrancis@gmail.com

(Recebido em 29 de março de 2013; aceito em 15 de julho de 2013)

O cuidado no armazenamento de grãos, controlando umidade e temperatura, previne doenças fúngicas em amendoins e o desenvolvimento de fungos filamentosos em alimentos e rações, que pode resultar na produção de toxinas, conhecidas como micotoxinas. A radiação ionizante é um método preventivo de segurança alimentar, promovendo a inibição de brotamentos, retardo na maturação, redução da carga microbiana, eliminação de micro-organismos patogênicos, esterilização, desinfecção em grãos, cereais, frutas e especiarias. Este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da radiação gama na inibição do crescimento de fungos aflatoxigênicos e na composição nutricional em amendoim. As amostras foram obtidas diretamente de um produtor de Petrolândia-PE e da Central de Abastecimento de Pernambuco (CEASA-PE). Os grãos com/sem vagem foram embalados e submetidos à irradiação nas doses de 6, 9, 12 e 15 kGy. Foram analisados: composição nutricional e crescimento fúngico nas amostras, antes e após a irradiação. A análise estatística foi realizada empregando-se com o teste de Mann-Whitney-Wilcoxon. Os resultados mostraram que as amostras originadas da CEASA-PE apresentaram as maiores taxas de contaminação. A radiação foi eficiente na inibição de fungos aflatoxigênicos, conseguindo eliminar a ação dos fungos, independentemente da dose. Apenas uma amostra não-irradiada, originada da CEASA-PE, apresentou produção positiva de aflatoxinas em meio LCA. Não houve diferença significativa nos valores da composição nutricional, com o aumento da dose de radiação. A irradiação mostrou-se um processo eficaz para conservação de amendoins, pois previne o crescimento de fungos, principalmente produtores de aflatoxinas, tornando-o mais seguro para consumo, sem alterar sua composição nutricional.

Palavras-chaves: amendoim, *Aspergillus flavus*, radiação gama.

Effect of gamma radiation in peanuts for inhibition of *Aspergillus flavus* and nutritional composition

Care in food storage, controlling humidity and temperature, prevents fungal diseases in peanuts and the development of filamentous fungi in food and feed, which can result in the production of toxins known as mycotoxins. Ionizing radiation is a preventive method of food security, promoting inhibition of buds, delayed maturation, reduction of microbial load, elimination of pathogenic microorganisms, sterilization and disinfection in grains, cereals, fruits and spices. This work aimed to evaluate the effects of gamma radiation on the growth inhibition of aflatoxigenic fungi and on nutritional composition in peanut. Samples were collected directly from the producer (Petrolândia-PE) and Supply Central of Pernambuco (CEASA-PE), and then grains inside / outside pods were packed and subjected to irradiation at doses of 6, 9, 12 and 15 kGy. Fungal growth and nutritional composition of the samples before and after irradiation were analyzed and statistical analysis using the Mann-Whitney-Wilcoxon. The results showed that the samples originated from CEASA-PE had the highest rates of contamination. The radiation was effective in the inhibition of aflatoxigenic fungi, achieving to eliminate the action of fungi, regardless of dose. Only one non-irradiated sample, originated from CEASA-PE, showed positive production of aflatoxins in the middle LCA. No significant difference in the values of the nutritional composition, with increasing radiation dose. The irradiation was shown to be an effective process for preserving peanuts, because it prevents the growth of fungi, particularly aflatoxin producer, making it safer for consumption, without changing its nutritional composition.

Keywords: peanut, *Aspergillus flavus*, gama radiation

1 INTRODUÇÃO

O amendoim é uma leguminosa originária das Américas Central e do Sul, cultivado nas regiões de clima tropical, subtropical e temperado quente. É uma das principais oleaginosas cultivadas no Brasil sendo bastante importante na alimentação de humanos e de gado bovino.^{1,2} No Nordeste brasileiro, o amendoim se destaca por ser de fácil manejo, ciclo curto e preço atraente no mercado, além de constituir fonte adicional e agregadora de renda devido às várias formas de produtos que podem ser processados, incentivando a agroindústria regional³.

Apesar de todas as características atraentes que estimulam o seu cultivo, o amendoim, tal como outras leguminosas e demais vegetais, está sujeito a diversos processos de biodegradação durante seu plantio, colheita, transporte e armazenamento^{1,4}.

A irradiação de alimentos é um método preventivo de segurança alimentar e consiste em um processo onde o alimento embalado ou a granel é submetido a uma quantidade controlada de radiação visando à inibição de brotamentos, retardo na maturação, redução da carga microbiana, eliminação de micro-organismos patogênicos, esterilização, desinfecção em grãos, cereais, frutas e especiarias. A esterilização utilizando a radiação proporciona uma dieta livre de agentes patogênicos presentes na superfície ou no interior dos alimentos devido à má higienização ou processo natural de decomposição⁵.

Pesquisas realizadas em diferentes países e condições indicam que o consumo de alimentos irradiados não apresenta efeitos nocivos, desde que esse tratamento seja realizado dentro de limites e condições controladas, estipulados pela legislação. A composição química dos alimentos pode ser afetada pelos efeitos primários ou secundários da radiação. Portanto, a irradiação deve ser considerada um complemento às boas práticas de higiene e não um substituto^{6,7}.

O armazenamento inadequado de produtos vegetais pode ocasionar grandes perdas da produção total; por isso, os cuidados no armazenamento, principalmente quanto ao controle da umidade e temperatura, auxiliam na prevenção das doenças fúngicas no amendoim, tanto para o consumo “in natura” quanto para produtos industrializados⁸.

O desenvolvimento de fungos filamentosos em alimentos pode resultar na produção de toxinas, conhecidas como micotoxinas, que podem provocar resposta tóxica em vertebrados quando ingeridos em alta concentração. Dentre as micotoxinas, há um grupo denominado de aflatoxinas. A exposição do ser humano às aflatoxinas pode ocorrer por via respiratória, durante a colheita, trilha, ensacamento, limpeza, armazenamento e processamento de grãos contaminados⁸. O grupo das aflatoxinas cujos principais produtores são os fungos *Aspergillus flavus*, *A. parasiticus* e *A. nomius*, é considerado o mais importante devido a sua alta toxicidade e propriedades hepatocarcinogênicas⁹.

Diante disso, o presente trabalho objetivou avaliar a ação da radiação gama na inibição do crescimento fúngico, principalmente os fungos *Aspergillus flavus*, e na composição nutricional em grãos de amendoim, buscando aumentar o tempo de prateleira sem que ocorram alterações significativas em sua composição nutricional.

2. METODOLOGIA

2.1 Coleta e separação das amostras para irradiação

Os amendoins utilizados foram obtidos de duas procedências: a) amendoins recém-colhidos, cedidas por um pequeno agricultor da cidade de Petrolândia, localizado no sertão de Pernambuco, Brasil; b) amostras adquiridas no Centro de Abastecimento Alimentar de Pernambuco (CEASA-PE), em Recife-PE, no mês de julho de 2010.

Os amendoins foram adquiridos dentro das vagens, embalados em filme de PVC e devidamente identificados com etiquetas, onde constava: procedência, dose de radiação, presença ou ausência de tratamento com hipoclorito de sódio, presença ou ausência de vagem e número da repetição. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

O material de cada procedência foi dividido em duas partes: a primeira, com cinco pacotes, com 200 grãos cada, para realizar as determinações de composição nutricional; e a segunda,

com 5 pacotes de amendoins com vagens e 5 pacotes de amendoins sem vagens, para a análise fúngica. A Figura 1 mostra os amendoins embalados e identificados.



Figura 1: Amendoins com vagem (A) e sem vagem (B), embalados e identificados para serem irradiados.

As amostras embaladas foram submetidas à radiação gama em equipamento contendo fonte de cobalto-60, fonte Gammacell ^{60}Co (modelo 220 Excel-MDS Nordion), com taxa de dose de 6,476 kGy/h, pertencente ao Departamento de Energia Nuclear-UFPE, nas doses de: 6, 9, 12 e 15 kGy e uma amostra controle (não-irradiada).

2.2 lise de contaminação fúngica

Para a análise de contaminação por fungos, as amostras foram separadas em triplicata, com e sem vagem, com e sem desinfestação por hipoclorito de sódio a 0,4%, para cada dose e procedência da amostra. Estas análises foram realizadas no Laboratório de Microbiologia e Imunologia do Centro Acadêmico de Vitória-UFPE e consistiu em um experimento observacional.

Para cada dose foram analisados 30 grãos. O procedimento consistiu na distribuição de 10 grãos em cada placa de Petri, de tamanho 150x15mm, em meio de cultura DRBC (Agar Dicloran Rosa de Bengala Cloranfenicol) acrescido de amoxicilina sódica cristalina (500mg/L de meio), permitindo apenas o crescimento fúngico dos grãos.

A desinfecção de uma parte dos grãos foi feita utilizando hipoclorito de sódio, a 0,4%, durante 2 minutos, antes do plaqueamento em meio DRBC. As placas foram incubadas à temperatura ambiente por 5 dias, e em seguida foi avaliada a taxa de infecção dos grãos por fungos. A partir do crescimento fúngico presente na superfície dos grãos, no meio DRBC, foi realizado o repique para os meios de cultura BDA (Batata Dextrose Agar) para isolamento dos fungos encontrados.

Os fungos *Aspergillus* isolados no meio BDA foram repicados para o meio de cultura LCA (Ágar Leite de Coco) para verificar o potencial toxigênico, com a observação da produção de fluorescência referente às aflatoxinas B ou G. A leitura das placas para evidenciar a produção de aflatoxinas, em LCA, foi realizada com lâmpada de ultravioleta a 365nm¹⁰.

Após 7 meses, as amostras de amendoins com vagem e sem vagem, que estavam embaladas e armazenadas e que tinham sido previamente irradiadas, e que não haviam sido distribuídas em meio de cultura DRBC, foram distribuídas no meio de cultura AFPA (Ágar *Aspergillus flavus e parasiticus*). Para cada dose de radiação, 30 amendoins foram plaqueados em meio de cultura AFPA, e incubados a 25°C, por 5 a 7 dias, respeitando o mesmo esquema de distribuição dos grãos em meio DRBC. Para essa análise, não se utilizou o tratamento com hipoclorito, pois o meio é específico para o crescimento de *Aspergillus* aflatoxigênicos.

O método DRBC, permite melhor visualização dos fungos provenientes de alimentos devido às seguintes características: Rosa de Bengala, que restringe o diâmetro das colônias de fungos, permitindo que colônias com crescimento lento também se desenvolvam; pH reduzido, que inibe a dispersão dos fungos; Dicloran, que auxilia na redução do diâmetro das colônias e Cloranfenicol, antibiótico que inibe o crescimento de bactérias¹¹.

AFPA é um meio de cultura recomendado para a rápida detecção e contagem de *A. parasiticus* e *A. flavus*, que são potenciais produtores de aflatoxinas. Este meio de cultura tem as

seguintes vantagens sobre outros meios: produção melhorada de cor no reverso da placa devido à concentração de citrato férrico e a adição de extrato de levedura (as colônias de *A. parasiticus* e *A. flavus* desenvolvem uma intensa coloração amarelo/laranja no reverso das colônias e é uma característica diferencial destas espécies), taxa de crescimento melhorada de *A. flavus* devido ao equilíbrio de peptona e extrato de levedura, além de inibição melhorada de bactérias e fungos de crescimento rápido devido à mistura de dicloran e cloranfenicol ¹².

2.3 Análise da Composição nutricional

Para a composição nutricional do amendoim, foram necessários cerca de 100g do material submetido a cada dose e da amostra controle (não-irradiada). Foram analisados os teores de proteína, lipídeos, carboidratos, minerais, umidade e o valor calórico total. A metodologia de cada teste foi baseada no protocolo do Instituto Adolfo Lutz ¹³ e AOAC ¹⁴, com exceção apenas do teor de carboidratos e Valor Calórico Total, que foram obtidos por cálculo. Os procedimentos foram realizados no Laboratório de Experimentação e Análises de Alimentos (LEAAL) do Departamento de Nutrição da Universidade Federal de Pernambuco-UFPE. Os métodos utilizados foram os seguintes:

2.3.1 Proteínas Totais

A determinação das proteínas totais foi realizada utilizando-se o método Kjeldahl baseado na digestão ácida da matéria orgânica seguido da destilação, sendo o nitrogênio posteriormente dosado por titulação. O valor em nitrogênio foi multiplicado pelo fator 6,25 (método 992.15 ¹⁴).x

2.3.2 Fração lipídica

A fração lipídica foi obtida pelo método de extração de fluxo intermitente, utilizando-se éter etílico como solvente sob refluxo, em aparelho de Soxhlet, (método 963.15 ¹⁴).

2.3.3 Teor de umidade

O teor de umidade foi avaliado pelo método gravimétrico, baseado na perda de peso das amostras submetidas a aquecimento em estufa a 105 °C até peso constante (método 985.14 ¹⁴).

2.3.4 Resíduo Mineral Fixo (Cinzas)

Para a obtenção do resíduo mineral fixo (cinzas) foi utilizado o método gravimétrico, baseado na determinação da perda de peso das amostras submetidas a incineração a 550 °C (método 923.03 ¹⁴).

2.3.5 Carboidratos Totais

Os glicídios foram obtidos por diferença, através do somatório das determinações de umidade, proteína, extrato etéreo e cinzas, subtraídos de 100.

2.3.6. Valor calórico total (VCT)

O valor calórico total é obtido pelo cálculo envolvendo os valores obtidos de proteínas, lipídios e carboidratos, a partir da expressão abaixo:

$$\text{VCT} = (\text{P} \times 4) + (\text{L} \times 9) + (\text{C} \times 4)$$

Onde: P= proteínas totais, L = teor lipídico e C= carboidratos. Já que 1g de proteínas equivale a 4 kcal, 1g de lipídios equivale a 9kcal e 1g de carboidratos equivale a 4kcal. Unidade utilizada: kcal

2.4. Análise estatística

A análise estatística foi utilizada apenas para a comparação entre os teores nutricionais das amostras coletadas em Petrolândia e na CEASA e para a avaliação da ação da radiação na composição nutricional. A análise fúngica foi apenas observacional, sendo observados os crescimentos fúngicos antes e após a irradiação.

Foi utilizado o teste de Mann-Whitney-Wilcoxon para duas amostras independentes e aleatórias para comparação dos teores nutricionais avaliados entre as amostras da CEASA-PE e de Petrolândia-PE. Também foi utilizado o teste t-Student, para uma amostra, para avaliar a ação da radiação gama nos diferentes teores nutricionais avaliados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise da presença de fungos totais

O experimento observacional permitiu identificar que todas as amostras que não foram irradiadas (os controles), apresentaram crescimento de fungos em meio DRBC. O tratamento com hipoclorito, antes do semeio em DRBC, foi eficaz em reduzir a taxa de infecção por fungos totais em amendoim. Observou-se que a radiação conseguiu inibir a germinação das sementes em até 7 meses, o que se traduz em um aumentando do tempo de conservação.

A radiação inibiu o crescimento de fungos e a germinação em todas as amostras obtidas do produtor de Petrolândia-PE e da CEASA. A taxa de infecção por *Aspergillus flavus* em amostras obtidas do produtor de Petrolândia-PE foi de 13% (sem hipoclorito, com/sem vagem) e de 6% (com hipoclorito, sem vagem), apenas nos amendoins não-irradiados; na CEASA-PE, os valores foram 23% (sem/com vagem, sem hipoclorito) e 6% (sem vagem, com hipoclorito). Para a CEASA-PE, as taxas de infecção foram maiores, sugerindo que as condições de transporte e/ou armazenamento não foram ideais, e podem ter favorecido o crescimento dos fungos.

A Figura 2 mostra o crescimento de fungos, em meio DRBC, nas amostras não-irradiadas de amendoim. Observa-se nesta figura que ocorreu a germinação de todas as sementes, fato este observado em todas as repetições.

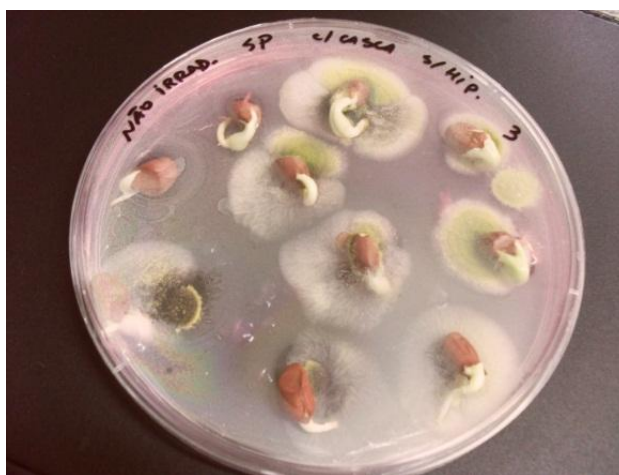


Figura 2: Amendoins não-irradiados da CEASA em meio DRBC.

O fato observado no presente trabalho concorda com o relatado por Alves et al.¹⁵, o qual observou que sementes de amendoim não-irradiadas tiveram germinação de 60%, no armazenamento em polietileno trançado, e ocorreu a diminuição da germinação com o aumento da dose de irradiação. Adicionalmente ao encontrado aqui, Alves et al também observaram que a germinação aumentou para a dose de 0,5 kGy, para esse tipo de embalagem. Segundo os autores, baixas doses de radiação apresentam a capacidade de estimular os biosistemas, invertendo o efeito com o aumento da dose, o que pode explicar o resultado do aumento da germinação para a irradiação de 0,5 kGy (teoria denominada Hormese). Houve forte redução da germinação das sementes a partir da dose de 2,5 kGy.

Já Santos et al.¹⁶ submetem sementes de amendoim, variedade Havana, a várias doses de irradiação e concluíram que o tratamento com radiação gama afetou negativamente o vigor e a germinação das sementes de amendoim; as doses de 0,5, e 1,5 kGy resultaram em perda de germinação; a dose de 3 kGy inviabilizou a utilização das sementes para o plantio e doses acima de 12 kGy comprometeram totalmente o vigor e a germinação das sementes. No presente estudo, a partir de 6 kGy já havia total inibição de germinação dos grãos de Petrolândia e da CEASA.

Prado et al.¹⁷, ao analisarem amendoins irradiados, perceberam que em grãos irradiados e desinfetados houve uma redução da infecção fúngica a 5 kGy e destruição total de fungos a 10 kGy, após 180 dias de armazenamento à temperatura ambiente. Em grãos irradiados e não desinfetados externamente com hipoclorito foram verificados, em função do tempo de armazenamento, aumento da população de fungos com a dose de 1 kGy, redução com a dose de 5 kGy e eliminação total com a aplicação de 10 kGy. Este estudo corrobora com os dados obtidos das amostras de Petrolândia.

Nas amostras analisadas do presente trabalho foram encontrados outros fungos além de *Aspergillus flavus*, em pouquíssimos grãos, devido à contaminação pelo ar ou oriundos das vagens: *Aspergillus niger*, *Rhizopus*, *Trichoderma*, *Penicillium*, *Cladosporium*. Foram quantificados apenas os grãos que tinham presença de *A. flavus*, pois era o objetivo do trabalho.

González¹⁸ realizou um trabalho em Junqueirópolis-SP, demonstrando que a presença de *A. flavus* no solo do local do plantio contribuiu para a contaminação por aflatoxinas das cascas de amendoim nos frutos maduros, antes da colheita. Ele relatou que os principais fungos isolados nas cascas de amendoim foram: *Fusarium* ssp. (78,75 %), *Rhizopus* ssp. (14,1 %) e *A. flavus* (11,75 %), *A. niger* (2,5 %), *Trichoderma* ssp. (0,8 %), *Penicillium* ssp. (0,7 %).

As cascas de amendoim são utilizadas para confecção de cama de frangos, ração de gado leiteiro e como fonte de fibras para ruminantes, portanto o estudo dos mecanismos de contaminação por fungos toxigênicos oriundos das cascas tem importância na elaboração de medidas preventivas.

3.2 Análise da produção de aflatoxina em meio LCA

A amostra contendo crescimento fúngico que produziu fluorescência em meio LCA, ou seja, com produção de aflatoxinas, foi apenas a amostra não-irradiada obtida da CEASA-PE, sem vagem, com tratamento por hipoclorito. Todos os outros *Aspergillus* isolados não apresentaram fluorescência, indicando que quase 100% dos isolados não eram toxigênicos. A Figura 4 ilustra o fungo *A. flavus* já isolado no meio LCA, sendo submetido à radiação Ultravioleta (365nm), onde é possível observar a diferença de fluorescência entre uma amostra com resposta positiva e negativa de aflatoxina.

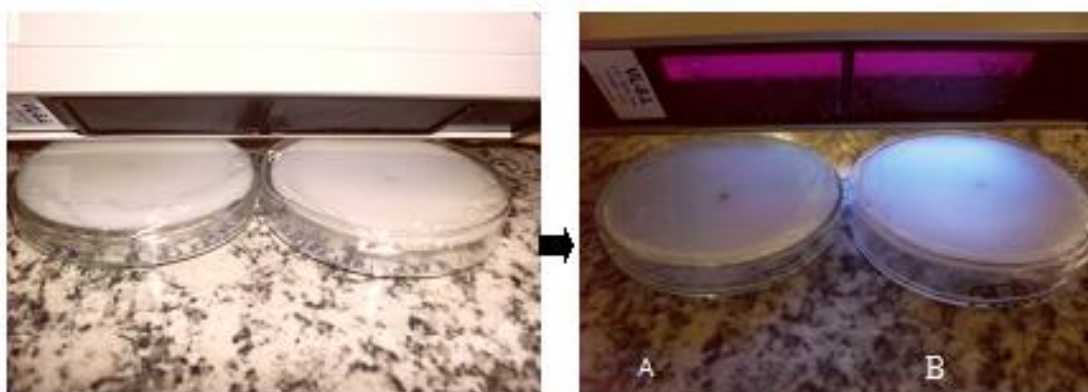


Figura 3: *Aspergillus* aflatoxigênicos em meio LCA, isolados de amendoins da CEASA, sendo submetidas à radiação UV, produzindo fluorescência azul e evidenciando produção de aflatoxina: A. resultado negativo; B. resultado positivo.

De acordo com Bizzeto et al ¹⁹, o meio LCA fornece melhores condições para o crescimento de *Aspergillus* aflatoxigênicos devido à disponibilidade de proteínas, carboidratos com predominância de sacarose, lipídeos, fibras e cinzas existentes no leite de coco, além de manifestar fluorescência de média e alta intensidade após 48 horas de incubação. Porém, é um meio que indica apenas presença ou ausência de aflatoxinas, não sendo possível sua quantificação.

3.3 Análise da produção de aflatoxina no meio AFPA

Nas amostras obtidas de Petrolândia, foi observado que a radiação gama inibiu o crescimento de fungos em todas as amostras irradiadas e apresentou baixa taxa de infecção por *Aspergillus flavus* nas amostras não-irradiadas, com ou sem vagem, sendo 20% a taxa média da infecção.

Nas amostras da CEASA, a taxa de infecção para *Aspergillus* aflatoxigênicos foi de 40%, para amendoins não-irradiados, sem/com vagens; e em média 3% para a dose de 6 kGy. Foi observado também o crescimento de *Aspergillus niger* e outros fungos em todas as amostras não-irradiadas de Petrolândia e da CEASA. Não houve crescimento de fungos aflatoxigênicos já na dose de 6 kGy, o que se repetiu para as doses de 9, 12 e 15 kGy, indicando que a dose de 6 kGy é suficiente para inibir o crescimento dos fungos de interesse.

Na Figura 4 observam-se amendoins não irradiados, onde é evidente a coloração laranja dos *Aspergillus flavus* no reverso da placa e sua diferença para o fungo *Aspergillus niger* que apresenta coloração diferente na frente da placa (preto) e ausência de coloração laranja no reverso da placa. Esse resultado mostra que a coloração diferencial do meio AFPA facilita bastante na identificação, isolamento e cálculo da taxa de infecção por *Aspergillus* aflatoxigênicos.

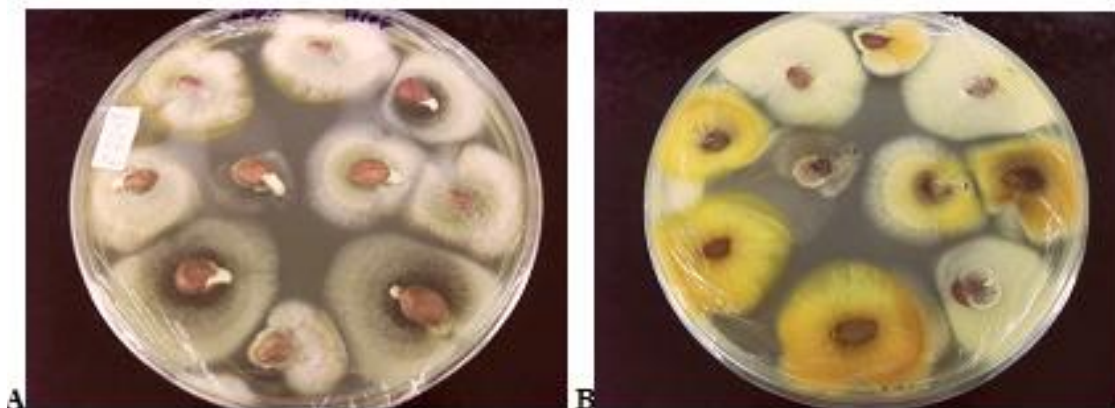


Figura 4: Crescimento de *Aspergillus* aflatoxigênicos em amendoins não irradiados, apresentando cor laranja em meio AFPA, no reverso da placa de Petri. A. frente; B. reverso.

A Figura 5 mostra uma placa com amendoins irradiados na dose de 9 kGy, onde se evidencia a ausência de fungos e de germinação, diferentemente das amostras não-irradiadas, que além de apresentar presença de fungos também apresentaram germinação. Todas as amostras irradiadas inibiram o aparecimento de germinação.

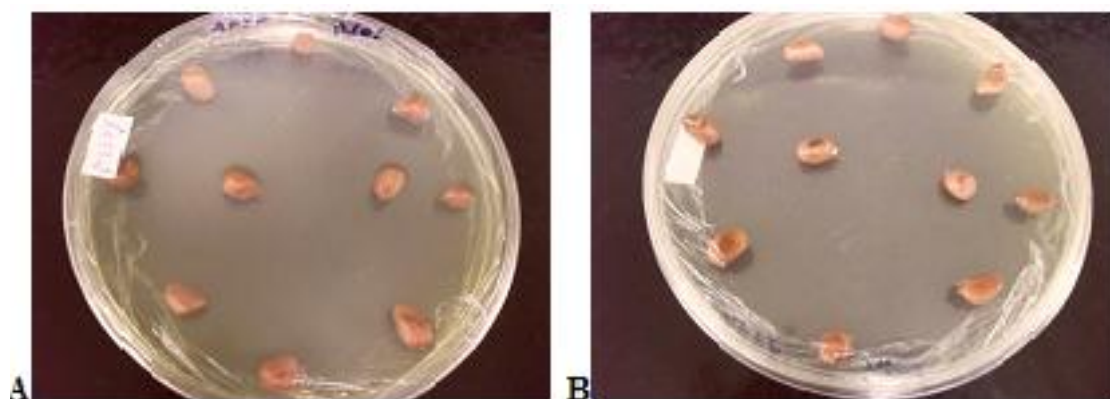


Figura 5: Ausência de crescimento fúngico em amendoins irradiados com 9kGy, no meio AFP. A. frente da placa; B. reverso.

3.4 Análise da composição centesimal dos amendoins.

Na Figura 6 podem ser visualizados os gráficos gerados a partir dos dados obtidos dos testes da composição nutricional das amostras obtidas da CEASA e do produtor de Petrolândia-PE, desde a amostra controle (não-irradiada) até a dose de 15 kGy, onde pode ser realizada uma comparação geral da influência da radiação gama para cada teor avaliado.

Os teores de umidade (Figura 6) para as amostras da CEASA apresentaram valor mínimo de 2,76 g/100g (a 12 kGy), e o valor máximo de 3,12g/100g (a 9 kGy). Já para as amostras de Petrolândia, o valor mínimo foi de 3,14g /100g (a 12 kGy) e o valor máximo foi de 3,48g/100g (não irradiado). O teste estatístico mostrou que há diferença estatística significativa ($p < 0,05$) entre as amostras da CEASA-PE e de Petrolândia para o teor de umidade. Porém, o teste t-Student mostrou que não houve influência da radiação nos teores de umidade ($p > 0,05$), tanto para as amostras da CEASA quanto para as de Petrolândia.

As diferenças entre os teores de umidade das amostras de amendoim podem ser explicados pelo fato de os amendoins de Petrolândia-PE terem sido colhidos no campo e embalados para a análise imediata do experimento, enquanto que as amostras obtidas da CEASA já estavam embalados e o fornecedor não sabia quando havia sido colhido. Portanto, provavelmente devido ao armazenamento, os amendoins da CEASA-PE já estavam um pouco ressecados.

A umidade é de grande importância econômica, pois reflete o teor de sólidos de um produto e sua perecibilidade. Quando está fora das recomendações técnicas, resulta em perdas na estabilidade química, na deterioração microbiológica, alterações fisiológicas (brotação) e na qualidade geral dos alimentos²⁰.

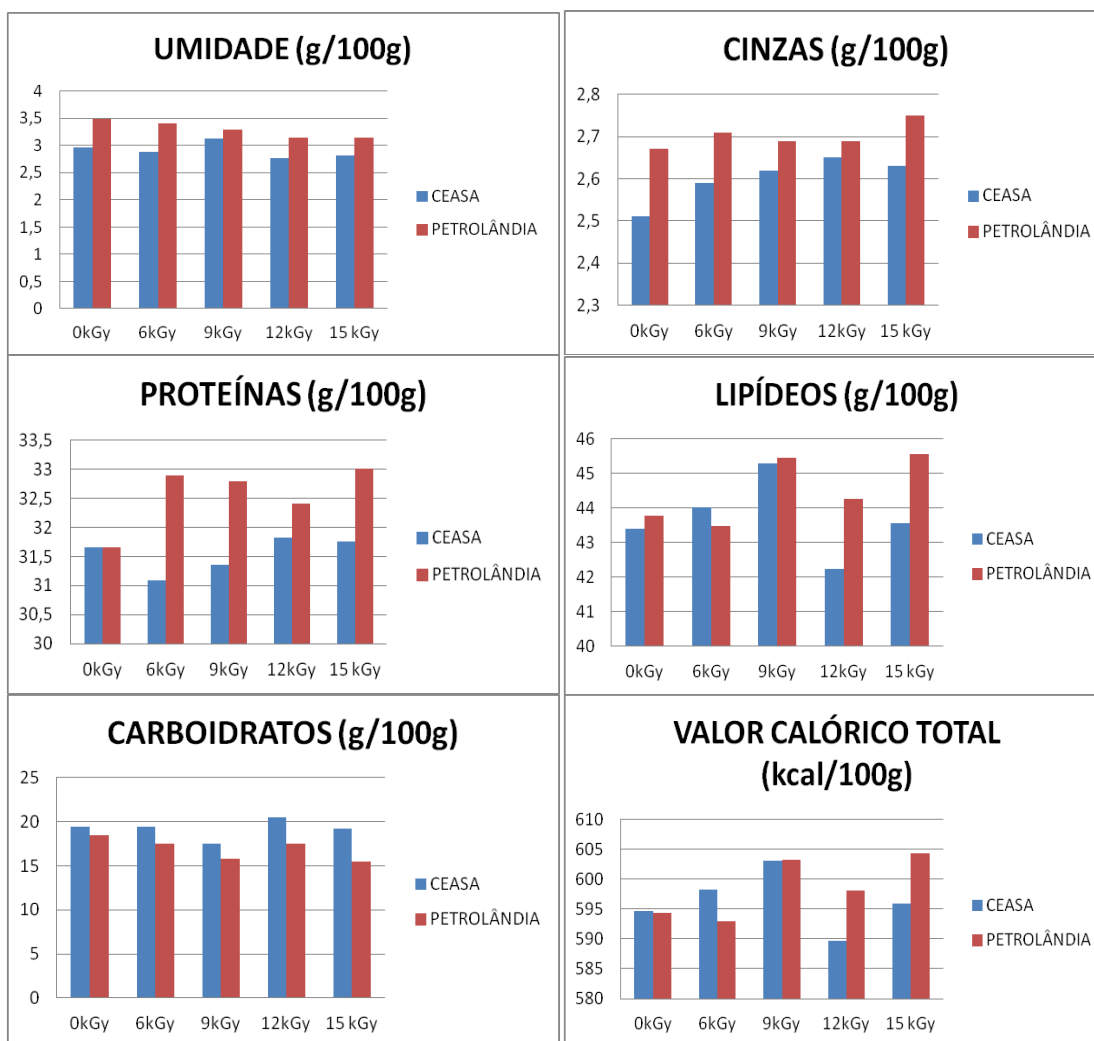


Figura 6: Gráficos com os resultados da composição nutricional das amostras de amendoim, comparando os teores com as procedências dos grãos.

Os teores de cinzas para as amostras da CEASA apresentaram o valor mínimo de 2,51g/100g (não irradiado) e valor máximo de 2,63g/100g (15 kGy). Já as amostras de Petrolândia-PE apresentaram valor mínimo de 2,67g/100g (não irradiado) e valor máximo de 2,75g (15 kGy). Observou-se que os amendoins de Petrolândia apresentaram teores de cinzas mais altos do que os teores encontrados para os amendoins da CEASA para todas as doses analisadas, fato comprovado pela análise estatística, a qual mostra que existem diferenças significativas ($p < 0,05$) entre estas amostras. O teste t-Student mostrou não haver influência da radiação ($p > 0,05$) nos teores de cinzas para as amostras avaliadas.

O teor mínimo de proteína para as amostras da CEASA foi de 31,09g (6 kGy) e o valor máximo foi de 31,82g (12 kGy). Para as amostras de Petrolândia, o valor mínimo foi de 31,66g (não irradiado) e o valor máximo de 33,01g (15 kGy). A análise estatística mostrou diferença estatística significativa entre as amostras da CEASA e de Petrolândia. Os amendoins não irradiados de Petrolândia apresentaram valores iguais ao da CEASA. Porém, observa-se que o aumento da dose de radiação provocou variações nos teores de proteínas, principalmente para as amostras de Petrolândia, que tiveram os seus teores aumentados, enquanto que nas amostras da CEASA houve pouca alteração. Porém, o teste t-Student mostrou que a radiação também não influenciou ($p > 0,05$) nos teores de proteínas, para ambas as amostras analisadas.

As amostras da CEASA apresentaram um valor mínimo dos teores de lipídeos de 42,25g/100g (12 kGy) e o valor máximo de 45,29g/100g (9 kGy). Já as amostras de Petrolândia apresentaram os seguintes valores: mínimo de 43,49g/100g (6 kGy) e máximo de 45,57g/100g (15 kGy).

Os valores obtidos para os teores de lipídeos de amendoins de Petrolândia foram maiores do que os valores encontrados para a amostra da CEASA, fato comprovado pelo t-Student, o qual mostrou haver diferença estatística significativa ($p < 0,05$) entre as amostras analisadas. A análise estatística mostrou não haver influência da radiação ($p > 0,05$) nos teores de lipídeos para ambas as amostras analisadas.

Os resultados aqui obtidos não corroboram com os encontrados por Camargo et al.²¹, pois ao comparar as cultivares de amendoim IAC Tatu-ST e IAC-Runner 886 submetidos à radiação gama, concluíram que a irradiação alterou o perfil de ácidos graxos, diminuindo a porcentagem de ácidos graxos saturados, aumentando a porcentagem de ácidos graxos insaturados e aumentando a porcentagem de ácido linoleico, precursor de ácidos graxos de cadeia muito longa que atuam no desenvolvimento e funcionamento do cérebro e da retina.

As amostras da CEASA apresentaram um valor mínimo de 17,31g/100g (9 kGy) para os teores de carboidratos e valor máximo de 20,52g/100g (12 kGy). As amostras de Petrolândia apresentaram um valor mínimo de 15,52g/100g (15 kGy) e valor máximo de 17,51g/100g (6 kGy).

Os amendoins da CEASA apresentaram valores de carboidratos maiores do que as amostras de Petrolândia. A análise estatística mostrou haver diferença estatística significativa ($p < 0,05$) entre os valores obtidos para estas amostras.

A amostra não irradiada e as amostras irradiadas com doses de 6 e 15 kGy da CEASA apresentaram valores bem próximos (aproximadamente 19g/100g) quanto ao teor de carboidratos, enquanto que nos amendoins de Petrolândia todas as amostras irradiadas tiveram valores menores do que o valor controle (não irradiado). O teste t-Student mostrou haver influência da radiação ($p < 0,05$) entre os teores de carboidratos para as amostras de Petrolândia, o que não ocorreu para as amostras da CEASA-PE.

As amostras da CEASA apresentaram valor calórico total mínimo de 589,61kcal (12 kGy) e um valor máximo de 603,09 kcal (9 kGy). Enquanto que as amostras de Petrolândia apresentaram um valor mínimo de 593,01kcal (6 kGy) e valor máximo de 604,25kcal (15 kGy). Porém, a análise estatística mostrou não haver diferença ($p > 0,05$) entre os valores calóricos totais para as amostras da CEASA-PE e Petrolândia.

Nos amendoins da CEASA, o valor calórico total teve um aumento progressivo até alcançar valor máximo na dose de 9 kGy, e se aproximou do valor controle na dose de 15 kGy. Quanto aos amendoins de Petrolândia, o valor calórico total apresentou valores mais altos nas doses de 9 e 15 kGy. Porém, a análise estatística mostrou não haver influência da radiação ($p > 0,05$) nos valores calóricos totais para as amostras analisadas.

Estudos sobre os efeitos das radiações ionizantes em macronutrientes (carboidratos, lipídios e proteínas) demonstram que não há variações significativas em doses de até 10 kGy. Entre micronutrientes, os aminoácidos essenciais, ácidos graxos essenciais, minerais e a maior parte das vitaminas não são afetados nas condições normais de irradiação. Poucas vitaminas, como vitamina E e B1, são parcialmente decompostas. Para minimizar essas perdas, deve-se diminuir a concentração de oxigênio durante a irradiação e armazenamento, utilizando embalagem a vácuo ou atmosfera de nitrogênio, combinando com o processo de radiação gama. Essa combinação tem demonstrado eficiência na prevenção de microrganismos deteriorantes e patogênicos²².

Em resumo, observou-se no presente trabalho que:

- ✓ As amostras controle (não-irradiadas) apresentaram germinação e altas taxas de crescimento fúngico, seja de *Aspergillus* ou de fungos provenientes da vagem ou do ar.
- ✓ As amostras submetidas à radiação não apresentaram germinação, mas em doses mais baixas algumas amostras apresentaram crescimento de outros fungos.
- ✓ As doses 9, 12 e 15 kGy são eficientes para evitar a infestação por *Aspergillus* aflatoxigênicos, mas podem não impedir a contaminação por outros fungos provenientes da vagem.

✓ Os resultados obtidos para as amostras provenientes da CEASA sugerem que as condições de armazenamento não foram adequadas, o que parece ter facilitado a contaminação prévia ao processo de irradiação.

✓ Quando transportados dentro das vagens, os amendoins apresentaram maior proteção à ação de fungos.

✓ Ocorreram diferenças significativas entre as amostras analisadas de Petrolândia-PE e da CEASA-PE quanto aos teores nutricionais analisados.

✓ Não houve influência da radiação nos teores nutricionais avaliados, com exceção dos teores de carboidratos para as amostras de Petrolândia, as quais sofreram diminuição com o aumento da dose.

4. CONCLUSÃO

A irradiação mostrou-se um processo eficaz para conservação de amendoins, uma vez que impediu o crescimento de fungos, principalmente *Aspergillus flavus*, evitando também a presença da aflatoxina no alimento, sem provocar alterações significativas na composição nutricional deste alimento.

-
1. Moraes SA. Amendoim: Principais doenças, manejo integrado e recomendações de controle. Acessado em: 11/7/2006. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2006_2/Amendoim/index.htm.
 2. Nascimento I S. O cultivo do amendoim forrageiro. Bras. Agrociência 2006; Pelotas, v. 12, n. 4, p. 387-393, out-dez.
 3. Santos RC, Freire RMM, Suassuna TMF, Rego GM. Novas Cultivares BRS Havana: nova cultivar de amendoim de pele clara. Pesq agropec bras 2006; v.41, n.8, p.1337-1339, ago. Brasília.
 4. Prado G, Leal AS, Oliveira MS, Moraes VAD, Madeira JEGC, Vieira IFR et al. Influência da radiação gama (60Co) na Ocratoxina a e na microbiota fúngica de café (*Coffea arabica* L.). R Bras Armaz 2008; Especial Café, Viçosa-MG, n. 10, p. 42 – 48.
 5. Rocha MAA, Sousa QHF. O uso de alimentos irradiados no tratamento de pacientes com baixa imunidade, Brasília-DF, set 2007. Disponível em: <http://www.crtr01.org.br/html/pdf/irradiacao.pdf>
 6. Ordonez JA. Tecnologia de alimentos: Componentes dos alimentos e processos (vol. 1), Porto alegre: Artmed, 2005.
 7. Forsythe SJ. Microbiologia de segurança alimentar. Trad. Maria Carolina Minardi Guimarães e Cristina Leonhardt. Porto Alegre: Artmed, 2002.
 8. Nóbrega FVA, Suassuna ND. Análise sanitária de sementes de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) armazenadas em algumas áreas do estado da Paraíba. Revista de Biologia e Ciências da Terra 2004; v. 4, n. 2, 2º Semestre.
 9. Giolo MP, Oliveira CM, Bertolini DA, Lonardon MVC, Gouveia MS, Netto DP et al . Aflatoxin M1 in the urine of non-carriers and chronic carriers of hepatitis B virus in Maringa, Brazil. Braz. J Pharm Sci 2012; 48(3): 447-452.
 10. Lin MT, Dianese JC. A coconut – agar medium rapid detection of aflatoxin 6 production by *Aspergillus* spp. Phytopathology, St. Paul, v. 66, p. 1466-1469, 1976.
 11. Lazaretti KES, Beux MR, Pimentel IC, Talamini A, Gabardo J. Comparação entre os meios de cultura para contagem de fungos no controle microbiológico de ervamate. B.CEPPA 2000; Curitiba, v. 18, n. 2, p. 163-170.
 12. FLUKA ANALYTICAL, 17121 Aspergillus Differentiation Agar, Base (AFPA , Base) Sigma-Aldrich Chemie GmbH · Industriestrasse 25 · Postfach · CH-9471 Buchs / Switzerland, 23 November 2004.
 13. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. Coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea, São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.
 14. AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. *Official Methods of Analysis*. Edited by Wilian Horwitz, 17th ed., 2000.

15. Alves NMC, Almeida FAC, Gomes JP, Leal ASC, Silva MM. Viabilidade e micoflora de sementes de amendoim irradiadas com cobalto (^{60}Co). *Rev Bras Eng Agríc Ambiental* 2011; v.15, n.3, p.289–295.
16. Santos TS, Almeida FAC, Suassuna TMF, Coutinho WM, Almeida PBA. Resposta de sementes de amendoim a diferentes doses de radiação gama (^{60}Co). *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 2010; v.14, p.1074–1078.
17. Prado G, Carvalho EP, Madeira JEGC, Morais VAD, Oliveira MS, Corrêa RF, CARDOSO VN. Efeito da irradiação gama (Co-60) na frequência fúngica de amendoim in natura em função do tempo de prateleira. *Ciênc. agrotec* 2006; Lavras, v.30, n. 5, p. 930-936.
18. Gonzalez E, Souza TN, Rossi MH, Felício JD, Corrêa B. Avaliação da Micoflora e Ocorrência de Micotoxinas em cascas de Amendoim em Diferentes Estágios de Maturação da vagem, *Ciênc Agrotec*. 2008; Lavras, v. 32, n. 5, p. 1380-1386.
19. Bizzetto A, Homechin M, Destro D. Comparação de substratos utilizados para detecção de toxinas produzidas por *Aspergillus flavus* em soja, *Revista UNIMAR* 1997; 19(3):709-719.
20. Vicenzi, R. Apostila de Análise de Alimentos. Química Industrial de Alimentos, UNIJUI, 2008.
21. Camargo AC, Canniatti-Brazaca SG, Mansi DN, Domingues MAC, Arthur V. Efeitos da radiação gama na cor, capacidade antioxidante e perfil de ácidos graxos em amendoim (*Arachis hypogaea* L.). *Cienc Tecnol Aliment* 2011; Campinas, v.31, n.1, p. 11-15.
22. Mantilla SPS, Santos EB, Vital HC, Mano SB, Franco RM. Atmosfera modificada e irradiação: métodos combinados de conservação e inocuidade alimentar. *Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária*, 2010; Ano VIII, n. 15.