

Efeito da radiação gama nas propriedades sensoriais, atividade de água e microbiota de arroz

Effect of gamma radiation on sensorial properties, water activity and rice mycobiota

Simone Aquino¹; Thaise Cristine Fernandes Nunes²; Benedito Corrêa³

¹Professora Doutora de Microbiologia e Micologia – Uninove, Curso de Farmácia. São Paulo, SP – Brasil.

²Mestre em Tecnologia Nuclear – IPEN/CNEN – SP, Centro de Tecnologia das Radiações/Aplicações. São Paulo, SP – Brasil.

³Professor Titular – USP, Departamento de Microbiologia do ICB II/USP. São Paulo, SP – Brasil.

Endereço para correspondência

Simone Aquino – Universidade Nove de Julho – Uninove.

Av. Francisco Matarazzo, 613.

05001-100 – São Paulo – SP [Brasil]

siaq66@uninove.br

Local da pesquisa: Instituto de Ciências Biomédicas II – USP, Cidade de São Paulo, SP [Brasil].

Resumo

Introdução: A contaminação fúngica ocorre frequentemente em arroz, após a colheita. Micotoxinas são metabólitos secundários produzidos por fungos toxigênicos considerados tóxicos para humanos e animais e causam injúria em órgãos-alvo, como câncer hepático. **Objetivo:** Neste estudo, objetivou-se determinar os efeitos da radiação gama na descontaminação fúngica, avaliar as alterações em propriedades sensoriais e nos valores de Atividade de água (Aa) dos grãos. **Métodos:** Amostras de arroz foram irradiadas com doses de 2 e 4 kGy e semeadas em ágar Batata e Dicloran Glicerol 18 %. **Resultados:** Todos os grupos controle de arroz apresentaram diversos gêneros fúngicos, principalmente o grupo arroz integral, se comparado com o polido. A presença de fungos toxigênicos nas amostras representa um risco potencial na formação de micotoxinas. **Conclusão:** O tratamento nas doses de 2 e 4 kGy eliminou a contaminação fúngica, garantindo a qualidade do produto sem alterações significativas nas propriedades sensoriais.

Descritores: Arroz; Radiação gama; Fungos; Atividade de água.

Abstract

Introduction: Fungal contamination often occurs in rice after the harvest. Mycotoxins are secondary metabolites produced by toxigenic fungi that are considered toxic to humans and animals and cause serious target-organ injury, as hepatic cancer. **Objective:** The aim in this study was to determine the effect of gamma radiation on fungal decontamination, evaluate changes on the sensorial properties and on the water activity (Aw) values of grains. **Methods:** Samples of rice were irradiated at dose of 2 and 4 kGy and in Potato and Dichloran glycerol agar. **Results:** All control groups of the samples were contaminated with different genera of fungi, mainly husked rice, comparing to polished rice. The presence of toxigenic fungi in samples represents a potential risk to mycotoxins forming. **Conclusion:** The treatment with dose of 2 and 4 kGy eliminated the fungal contamination, ensuring the product quality without significantly changes in sensorial properties.

Key words: Rice; Gamma radiation; Fungi; Water activity.

Introdução

O armazenamento de grãos sob condições não favoráveis são promotores do desenvolvimento de fungos e durante seu desenvolvimento esses produzem metabólitos tóxicos conhecidos como micotoxinas, que afetam a saúde humana e dos animais que os consomem. Estudos prévios já demonstraram que o arroz pode estar contaminado com micotoxinas¹. Weidenboerner² demonstrou a presença de aflatoxinas de B₁, B₂ e G₁ em duas de cinquenta amostras de arroz polido no Brasil, numa concentração que variou de 26 a 96,3 µg/kg. Considerando as propriedades ecológicas do plantio, o crescimento dos fungos em arroz ocorre quando as concentrações de água nos grãos estão acima de 14,6 % e, por essa razão, algumas espécies desses organismos podem crescer no início da colheita, quando o arroz ainda está úmido³. De acordo com Manabe e Tsuruta⁴, os fungos, em sua maioria, são mesófilos, ou seja, se desenvolvem em temperaturas medianas na faixa de 22 a 35 °C, mas são capazes de crescer também na de 5 a 45 °C.

As condições de umidade e temperatura no Brasil são características de países tropicais e subtropicais e apresenta condições ideais para o desenvolvimento de fungos em culturas. Muitos trabalhos validaram o emprego da radiação ionizante no controle de insetos, além do aumento da vida de prateleira de diversos produtos. Vários autores também já demonstraram que o emprego da radiação gama pode prevenir ou reduzir a contaminação fúngica.

Aziz e El-Aal⁵ reportaram que a completa eliminação de fungos toxigênicos em grãos de café e outros produtos foi alcançada com as doses de 5 a 10 kGy. Em estudos posteriores, Aziz et al.⁶ observaram que a dose requerida para uma completa inibição de fungos contaminantes em diversos tipos de alimentos variou de 4 a 6 kGy. A variação dos efeitos em relação à dose empregada pode mudar conforme o substrato irradiado. De acordo com Pitt e Miscamble⁷ o binômio entre Atividade de água (Aa) e temperatura ideal para que ocorra o crescimento fúngico

e consequente produção de micotoxinas está em torno de 0,82 (25 °C), 0,81(30 °C) e 0,80 (37 °C). Entretanto, não há estudos que correlacionem a Aa com a dose de radiação gama empregada no tratamento para descontaminação de grãos de arroz. Aquino⁸ demonstrou a redução dos valores de Aa em grãos de guaraná irradiados nas doses de 5 e 10 kGy, quando comparados aos valores de amostras não irradiadas.

Segundo a legislação brasileira, o uso de métodos empregados na eliminação de contaminantes deve ser estudado a fim de prever qualquer alteração ou mudança na matéria-prima⁸. Alguns autores já relataram que o processo pelo tratamento por irradiação causou mudanças nas características de arroz do tipo integral, em termos de coloração, amilose, absorção de água, perdas de sólidos durante o cozimento, viscosidade, dureza (após o cozimento) e rancificação oxidativa⁹⁻¹¹.

O objetivo neste estudo foi analisar a micobiota em cinco tipos de arroz, coletados no mercado varejista da cidade de São Paulo, avaliar a presença e eliminação da contaminação fúngica (empregando as doses de 2 e 4 kGy) e a redução da Aa do substrato e, consequentemente, possíveis alterações nas propriedades sensoriais das amostras irradiadas após o cozimento.

Materiais e métodos

Amostras de arroz

As amostras de cinco tipos de arroz (contendo 1 kg de cada tipo) foram adquiridas no comércio varejista da cidade de São Paulo e divididas em cinco grupos: agulhinha polido, integral com casca, integral sem casca, tailandês e parbolizado. Em seguida, foram fracionadas em sacos de polietileno em alíquotas de 100 gramas para os tratamentos e análises (Figura 1).

Tratamento pelo processo de irradiação

Amostras de arroz acondicionadas e vedadas em sacos de polietileno, contendo 100

gramas cada, foram irradiadas com a dose de 2 e 4 kGy usando uma fonte de cobalto 60 (Gammacell 220) no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), localizado na cidade de São Paulo.

Contagem da microbiota

Após o processo de tratamento por irradiação, amostras irradiadas foram analisadas em comparação com amostras controle (não irradiadas). Os grãos (10 g) foram colocados em frascos contendo 90 ml de água destilada estéril (primeira diluição) e agitados por 30 minutos em mesa agitadora horizontal. A amostra da primeira diluição foi submetida a diluições seriadas até 10^{-6} e, em seguida, uma suspensão de 0,1 ml foi semeada por plaqueamento de superfície em duplicata. Dois meios de cultura foram utilizados: ágar Dicloran Glicerol 18% (DG 18) e ágar Batata Dextrose (ABD). Após a incubação a 25 °C durante sete dias, a contagem (média da duplicata) foi expressa em unidades formadoras de colônias por grama (UFC/g).

Determinação da atividade de água (Aa)

A atividade de água (Aa) das amostras foi determinada por meio do uso de equipamento AQUALAB CX-2 (Decagon Devices), pertencente ao Laboratório de Micotoxinas do Instituto de Ciências Biomédicas II (USP).

Teste de aceitação por escala hedônica

As amostras de arroz (200 g) foram cozidas apenas em água e analisadas por 16 julgadores, que receberam (individualmente) fichas impressas nas quais anotaram suas avaliações. As amostras (identificadas apenas por números de três dígitos) foram avaliadas por meio de uma escala hedônica para determinar a preferência entre as amostras cozidas, considerando a nota um (1) como “não gostei”, e a nove (9),

como “gostei muito”. Atributos sensoriais como aparência, odor e sabor foram analisados conjuntamente na mesma ficha. A análise estatística dos resultados foi realizada por meio do teste de múltipla comparação de Tukey e análise de variância ANOVA.

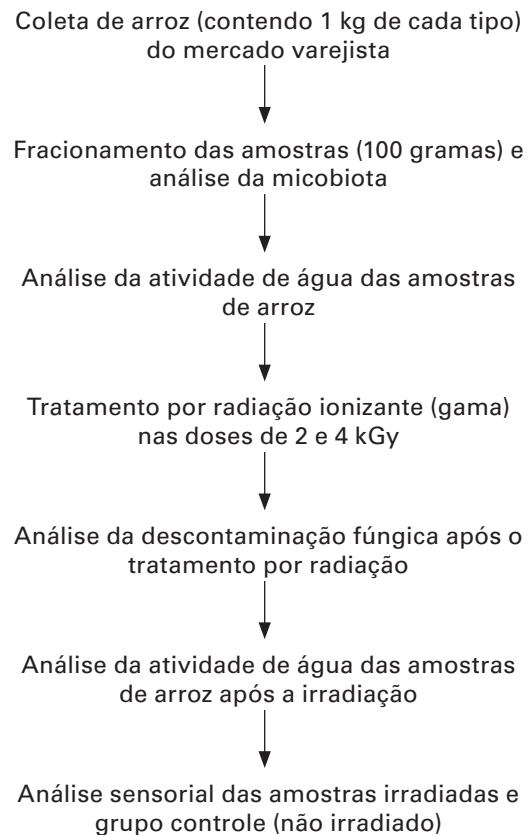


Figura 1: Fluxograma experimental

Resultados

Isolamento fúngico

Neste estudo, demonstrou-se que 80% das amostras cruas estavam contaminadas por bolores e leveduras, cuja contagem total variou de $0,5 \times 10^2$ a $5,0 \times 10^5$ nos grupos controle ou não irradiados (Tabelas 1 e 2), considerando os dois meios de cultura empregados (DG18 e ABD). Gêneros de fungos toxigênicos, como *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp., foram observados em 80 e 20%, respectivamente, no grupo controle. As amostras de arroz integral com casca irradiadas

com a dose de 2 kGy apresentaram o crescimento de fungo do gênero *Alternaria*. Nenhum crescimento fúngico foi observado em todos os tipos tratados com a dose de 4 kGy.

Tabela 1: Contagens de gêneros fúngicos isolados dos grupos controle e tratados com as doses de 2 e 4 kGy, em meio DG 18

Amostras*	Controle (0.0 kGy)	2 kGy	4 kGy
Arroz tailandês	<i>Aspergillus</i> spp. (1,0 x10 ²)	ND***	ND***
Arroz agulhinha polido	ND	ND***	ND***
Arroz integral com casca	<i>Aspergillus</i> spp. (3,5 x10 ²) FNE** (5,0 x10 ²) <i>Rhizopus</i> spp. (2,0 x10 ²) <i>Cladosporium</i> spp. (0,5 x10 ²)	ND*** <i>Alternaria</i> spp. (1,5 x10 ²)	ND*** ND***
Arroz integral sem casca	FNE** (4,0 x10 ²) <i>Penicillium</i> spp. (1,5 x10 ²) <i>Aspergillus</i> spp. (2,5 x10 ²) <i>Absidia</i> spp. (0,5 x10 ²)	ND***	ND***
Arroz parbolizado	<i>Cladosporium</i> spp. (0,5 x10 ²) <i>Aspergillus</i> spp. (1,0 x10 ²) <i>Rhodotorula</i> spp. (0,5 x10 ²)	ND***	ND***

*Média de duplicata
FNE** – Fungo não esporulado
ND*** – Não detectado

O isolamento em meio ABD do grupo controle demonstrou que, com exceção de amostras de arroz tailandês, todas as amostras estavam contaminadas por fungos (Tabela 2). Foi observado também o crescimento de leveduras em arroz polido e integral, além da presença do fungo toxigênico *Aspergillus* spp. em 60% do grupo controle. As amostras tratadas com a dose de 2 kGy apresentaram crescimento de fungos filamentosos e leveduras, exceto a do arroz tailandês. Nenhum fungo foi observado nas amostras tratadas com a dose de 4 kGy. A dose de 2 kGy, aplicada neste estudo, não evitou o crescimento

Tabela 2: Contagem total em UFC/g de fungos contaminantes do grupo controle, 2 e 4 kGy em meio ABD

Amostras*	Controle (0 kGy)	2 kGy	4 kGy
Arroz tailandês	ND***	ND***	ND***
Arroz agulhinha polido	FNE** (1,0 x10 ²)	FNE** (0,5 x10 ²)	ND***
Arroz integral sem casca	<i>Curvularia</i> spp. (0,5 x10 ²) <i>Scopulariopsis</i> spp. (1,5 x10 ²) <i>Aspergillus</i> spp. (0,5 x10 ²)	<i>Scopulariopsis</i> spp. (0,5 x10 ²)	ND***
Arroz integral com casca	<i>Aspergillus</i> spp. (1,0 x10 ²) <i>Absidia</i> spp. (1,0 x10 ²) <i>Rhizopus</i> spp. (1,0 x10 ⁴) <i>Rhodotorula</i> spp. (5,0 x10 ⁵)	<i>Rhodotorula</i> spp. (6,8 x10 ⁵) <i>Absidia</i> spp. (0,5 x10 ²)	ND***
Arroz parbolizado	FNE** (5,0 x10 ²) <i>Scopulariopsis</i> spp. (1,0 x10 ³) <i>Aspergillus</i> spp. (1,0 x10 ²)	ND***	ND***

*Média de duplicata
FNE** – Fungo não esporulado
ND*** – Não detectado

de bolores (*Alternaria* spp., *Scopulariopsis* spp. e *Absidia* spp.) e leveduras (*Rhodotorula* spp.).

Atividade de água (A_w)

Os valores de A_w nas amostras controle variaram de 0,58 a 0,63, apresentando um decréscimo com o aumento das doses, após o tratamento (Figura 2). Já os valores das amostras não irradiadas demonstraram uma diferença significativa, quando comparadas com as amostras irradiadas nas doses de 2 kGy (p < 0,05) e 4 kGy (p < 0,01). As amostras irradiadas (2 e 4 kGy) não apresentaram diferença significativa entre si (p > 0,05).

Análise sensorial

A cor amarelada dos grãos crus de arroz agulhinha polido, tailandês e parbolizado foi

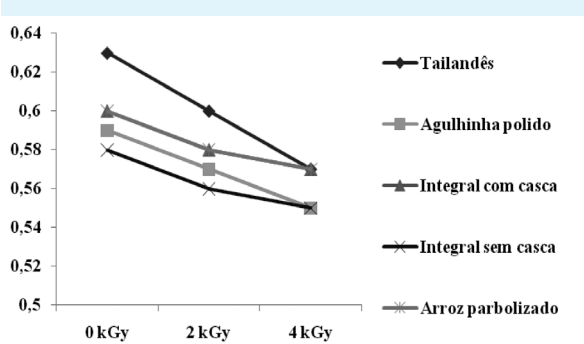


Figura 2: Valores de atividade de água (A_w) de amostras de arroz do grupo controle (0 kGy) e irradiadas (2 e 4 kGy)

observada nas amostras tratadas com a dose de 4 kGy, por 25%, 18% e 6% dos julgadores, respectivamente, que não observaram em arroz integral com ou sem casca, quando comparadas ao grupo controle. Após o cozimento das amostras controle e irradiadas (mantendo as mesmas condições de volume de água e tempo de cozimento), 25 e 31% consideraram macias as amostras irradiadas com as doses de 2 e 4 kGy, nessa ordem. A classificação, segundo o teste de aceitação, demonstrou que 87% dos julgadores gostaram muito do arroz do grupo controle e 81% das amostras irradiadas com 2 kGy e 4 kGy, igualmente. Apenas 6% acharam ambas as irradiadas, mais “borrachudas” na mastigação e observaram ainda que, o grão cozido estava mais “quebrado”. Quanto ao sabor, 12% atribuíram gosto e odor de “queimado” nas amostras cozidas irradiadas com 4 kGy. Entretanto, as pontuações para odor, aparência e gosto para amostras irradiadas (com 2 e 4 kGy) e não irradiadas não apresentaram diferenças significativas ($p>0,05$).

Discussão

Isolamento fúngico

Alguns dos gêneros isolados nesta amostragem já foram relatados em outros estudos. Hussaini et al.¹² analisaram amostras de arroz coletadas na Nigéria e demonstraram que os gêneros fúngicos contaminantes presentes eram *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Alternaria*,

Mucor, *Rhizopus*, *Trichoderma*, *Curvularia*, *Helminthosporium* e *Cladosporium*. Uraguchi e Yamazaki¹³ também reportaram a presença de *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Phoma*, *Curvularia*, *Helminthosporium*, *Cladosporium* e *Alternaria* em arroz japonês. *Penicillium*, *Aspergillus*, *Mucor* e *Rhizopus* são fungos conhecidos como de armazenamento^{14, 15}. *Penicillium*, *Aspergillus* e *Rhizopus* germinam em determinadas condições de armazenamento em campos de regiões tropicais e subtropicais durante períodos de estiagem e devido à infestação de insetos. Entretanto, tais gêneros têm sido isolados de culturas de arroz recém colhidas^{14, 16}.

A presença de leveduras em amostras de arroz já foi descrita como fungo deteriorante de cereais e arroz^{17, 15}. O gênero *Alternaria* spp. requer umidade relativa e teores água elevados e, por isso, não é considerado competitivo em condições de armazenamento¹⁴, sendo comum em cereais no campo. Saleh et al.¹⁸ encontrou espécies de *A. alternata*, *Cladosporium cladosporioides*, *Curvularia lunata* e *C. geniculata* mais resistentes a radiação gama dentre dez espécies de fungos, representando o gênero *Alternaria*, *Cladosporium*, *Curvularia*, *Fusarium* e *Penicillium*. Aziz et al.⁶ mostraram que as contagens de micoflora viável diminuíram quase que exponencialmente com as doses de radiação; e a dose efetiva na eliminação de fungos foi 5 kGy para todas as plantas medicinais usadas em seu trabalho.

O fungo *Alternaria alternata* é conhecido por se desenvolver em ambientes com elevada radiação e já foi estudado como modelo para investigações genéticas a fim de explicar o fenômeno da radiorresistência. Um exemplo foi a sua presença em localidades poluídas com radioisótopos como o reator n.º 4 ChNPP em Chernobyl¹⁹. Esse fungo é conhecido também por produzir e armazenar melanina, um pigmento negro, dentro de seu micélio. Existem indicações de que a radiorresistência de micro-organismos pode resultar da melanização de suas células²⁰. Os mecanismos de reparo do *Deoxyribonucleic Acid* (DNA) são predominantemente responsáveis

pela resistência à radiação e pode ter um papel importante na sobrevivência de fungos²¹.

Atividade de água (Aa)

Os valores encontrados de Aa estão em uma faixa considerada segura para o crescimento e produção de micotoxinas no substrato. Sirisoontarak e Noomhorm²² analisaram a qualidade do arroz no cozimento e observaram que um menor teor de água foi absorvido nas amostras controle, sendo um significativo aumento observado em tratamentos com doses acima de 1,5 kGy. Os autores concluíram que as proteínas e o amido se fragmentariam com a irradiação, causando uma elevação no número de pontos de ligações de água. Juliano²³ elaborou uma teoria de que a irradiação poderia quebrar a matriz protéica ao redor dos grânulos de amido que serviria como uma barreira física à absorção de água. Chaudhry e Glew²⁴ relataram que a irradiação poderia modificar os grânulos e permitir que a água penetrasse com relativa facilidade e causar danos físicos e, com isso, de acordo com Meredith²⁵, a menor partícula de amido teria sua área de superfície aumentada para hidratação. Diehl²⁶ relatou que a presença de água tem um importante papel no processo de irradiação, uma vez que a radiólise da água do substrato leva a formação de radicais livres altamente reativos (produtos dessa radiólise), quando a energia da radiação quebra as moléculas de água e, conseqüentemente, uma maior energia da radiação gama poderia resultar num aumento da formação de radicais livres (altamente reativos). Isso também poderia explicar a diminuição da água livre em grãos irradiados e esse efeito poderia influenciar na absorção de água pelo grão de arroz (mais seco quando irradiado), corroborando resultados observados neste estudo.

Análise sensorial

Em relação à dose absorvida, a RDC n° 21, publicada em 26 de janeiro de 2001 pela

ANVISA²⁷, determina que não haja limite mínimo e máximo para o tratamento pelo processo de irradiação de qualquer alimento, desde que a dose mínima absorvida seja suficiente para alcançar a finalidade pretendida, e a máxima absorvida seja inferior àquela que comprometeria as propriedades funcionais e ou os atributos sensoriais do alimento. Portanto, em qualquer estudo em que se submeta um produto ao processo por irradiação, esse deve ser analisado considerando as alterações sensoriais (de acordo com as doses mínimas e máximas empregadas). O odor desagradável e sabor alterado podem ocorrer em razão da presença de produtos oriundos da degradação lipídica e devido à concentração de alquenos formados por autooxidação²⁸. Sirisoontarak e Noomhorm²⁹ compararam arroz não irradiado com irradiado e estocado por um ano e observaram menores pontuações para odor e sabor de amostras irradiadas em decorrência da formação de produtos da oxidação lipídica como peróxidos e compostos de carbonila (que surgem imediatamente após a irradiação). De acordo com os mesmos autores, efeitos adicionais em termos de hidrólise e oxidação lipídica natural pioram com o tempo de prateleira do arroz irradiado, inviabilizando a comercialização do produto no mercado varejista e atacadista.

Conclusões

Neste estudo, demonstrou-se que arroz integral (com ou sem casca) e arroz do tipo parbolizado apresentaram uma variedade de gêneros fúngicos, além de elevada contaminação, se comparados com o agulhinha polido e com o tailandês. A presença de fungos toxigênicos em arroz representa um risco potencial na formação de micotoxinas nesses grãos, em condições inadequadas de armazenamento. O tratamento pelo processo de irradiação elimina o crescimento fúngico, além do efeito adicional da redução da Aa, como demonstrado nas doses de 2 e 4 kGy. Entretanto, apenas o tratamento pelo

processo de irradiação não garante a qualidade do produto, se não observadas as boas práticas de armazenamento. O tratamento por radiação ionizante na dose de 4 kGy, não causou mudanças significativas nas propriedades sensoriais imediatamente ao processo; entretanto, estudos complementares sobre as propriedades sensoriais, em períodos variáveis de armazenamento, são necessários para avaliar as reais condições da vida de prateleira no mercado varejista.

Referências

1. Tanaka K, Sago Y, Zheng Y, Nakagawa H, Kushiro M. Mycotoxins in rice. *Int J Food Microbiol.* 2007;119:59-66.
2. Weidenboerner M. *Encyclopedia of food mycotoxins.* Berlin: Springer-Verlag; 2000.
3. Uruguchi K. Mycotoxic Origin of Cardiac Beriberi. *J Stored Prod Res.* 1969;5:227-36.
4. Manabe M, Tsuruta O. Mycoflora and mycotoxins in stored rice grain. In: Chelkowski J editor. *Cereal grain: mycotoxins, fungi and quality in drying and storage.* Elsevier; 1991.
5. Aziz NH, Abd El-Aal SS. Occurrence of aflatoxin and aflatoxigenic molds in coffee beans and decontamination by gamma-irradiation. *J Egypt Vet Med Ass.* 1990;49:951-62.
6. Aziz NH, El-Fouly MZ, Abu-Shady MR, Moussa LAA. Effect of gamma radiation on the survival of fungal and actinomycetal flora contaminating medicinal plants. *Appl Radiat Isot.* 1997;48(1):71-6.
7. Pitt JI, Miscamble BF. Water relations of *Aspergillus flavus* and closely related species. *J Food Protect.* 1995;58:86-90.
8. Aquino S, Gonçalves E, Reis TA, Sabundjian IT, Trindade RA, Rossi MH, et al. Effect of gamma irradiation on mycoflora of guarana (*Paullinia cupana*). *Radiat Phys Chem.* 2007;76:1470-3.
9. Navanugraha U, Grant DR. Effect of gamma irradiation on the cooking characteristics of wild rice. *Food Res Int.* 1992;25:199-202.
10. Roy MK, Ghosh SK, Chatterjee SR. Gamma irradiation of rice grains. *J Food Sci Technol.* 1991;28:337-40.
11. Hayashi T, Okadome H, Toyoshima H, Todoriki S, Ohtsubo K. Rheological properties and lipid oxidation of rice decontaminated with low-energy electrons. *J Food Protect.* 1998;61:73-7.
12. Hussaini AM, Timothy AG, Olufunmilayo HA, Ezekiel AS, Godwin HO. Fungi and some mycotoxins contaminating rice (*Oryza Sativa*) in Niger State, Nigeria. *African J Biotechnol.* 2007;6(2):99-108.
13. Uruguchi K, Yamazaki M. *Toxicology: biochemistry and pathology of mycotoxins.* Japan; Halsted press; 1978.
14. Ominski KH, Marquardt RR, Sinha RN, Abramson D. Ecological aspects of growth and mycotoxin production by storage fungi. In: Miler JD and Trenholm HL editors. *Mycotoxins in grains: Compounds other than aflatoxins.* St. Paul Minnesota: Eagan Press; 1994. p. 287-314.
15. Taligoola H, Ismail MA, Chebon SK. Mycobiota associated with rice grains marketed in Uganda. *J Biol Sci.* 2004;4(1):271-8.
16. Garcia RP. Survey of mycoflora association with *Azolla* spp. *The Philippine Agri.* 1986;69:529-34.
17. Miroslava K. Feeding soybean colonization by microscopic fungi. *Trakya Univ J Sci.* 2003;4(2):165-8.
18. Saleh YG, Mayo MS, Ahearn DG. Notes: resistance of some common fungi to amma irradiation. *Appl Environ Microbiol.* 1998;54(8):21340-5.
19. Mironenko NV, Alekhina IA, Zhdanova NN, Bulat SA. Intraspecific variation in gamma-radiation resistance and genomic structure in the filamentous fungus *Alternaria alternata*: a case study of strains inhabiting Chernobyl reactor n°. *4 Ecotox Environ Safety.* 2000;45:177-87.
20. Pointing S, Jones EBG, Jones M. Radiosensitivity of fungi isolated from waterlogged archaeological wood. *Mycoscience.* 1996;37:455-8.
21. Boreham DR, Mitchel REJ. Heat and radiation stress response regulation in yeast by HSP104. *Radiat Res.* 1994;137:190-5.
22. Sirisoontarak P, Noomhorm A. Changes to physicochemical properties and aroma of irradiated rice. *J Stored Prod Res.* 2006;42:264-76.
23. Juliano BO. Criteria and tests for rice grain qualities. In: Juliano BO editor. *Rice: Chemistry and Technology.* St. Paul, Minnesota: The American Association of Cereal Chemists; 1985. p. 443-524.



24. Chaudhry MA, Glew G. The effect of ionizing radiation on some physical and chemical properties of Pakistani rice. *J Food Technol.* 1973;8:295-303.
25. Meredith P. Dependence of water absorption of wheat on protein content and degree of starch granule damage. *N Z J Sci.* 1966;9:324.
26. Diehl JF. *Safety of Irradiated Foods.* New York: Marcel Dekker Inc; 1995. p. 91-115.
27. Brasil. Resolução RDC nº 21 de 26 janeiro de 2001. Dispõe sobre regulamento Técnico para Irradiação de Alimentos. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). *Diário Oficial da União (D.O.U).* 2001 29 jan.
28. Yasumatsu K, Moritaka S, Kakinuma T. Effect of the change during storage in lipid composition of rice on its amylogram. *Agr Biol Chem.* 1964;28:265-72.
29. Sirisoontaralak P, Noomhorm A. Changes to physicochemical properties and aroma of irradiated rice. *J Stored Prod Res.* 2006;42:264-76.