

Estabilidade oxidativa e sensorial de farinhas de trigo e fubá irradiados

Oxidative and sensorial stability of radiated wheat and corn flour

Roberta Claro da SILVA^{1*}, Lilian Marques PINO²,
Marta Helena Fillet SPOTO³, Marisa Aparecida Bismara Regitano D'ARCE³

Resumo

Os grãos de cereais são suscetíveis ao ataque de insetos e micro-organismos durante o armazenamento. Pesquisas demonstram a viabilidade da utilização da tecnologia de irradiação gama para a conservação de grãos de cereais e seus produtos. O objetivo do trabalho foi verificar o efeito de diferentes doses da radiação gama (3; 4,5; 6 kGy) em farinha de trigo e fubá e nos seus atributos sensoriais e físico-químicos. As amostras foram irradiadas em irradiador comercial modelo PR1 da CBN, com atividade de 1.200.000 Ci e a taxa de dose de 7 kGy/hora. A irradiação não afetou a qualidade oxidativa das farinhas durante o seu tempo de armazenamento definido dentro do período de validade usual de mercado, no entanto a qualidade sensorial foi afetada negativamente em todos os tratamentos, assim como as suas propriedades viscoelásticas. Sob as condições do experimento, se pode concluir que a irradiação pode ser uma alternativa para conservação de farinhas.

Palavras-chave: radiação gama; farinha de trigo; fubá; qualidade organoléptica; armazenamento; estabilidade oxidativa.

Abstract

Cereals are susceptible to the attack of insects and microorganisms during storage. Research has demonstrated the viability of the use of gamma irradiation technology for the preservation of cereal grains and their products. The objective of this study was to verify the effect of different doses of gamma radiation (3; 4.5; and 6 kGy) on wheat and corn meal by evaluating the physicochemical and sensorial attributes of these flours. The samples were radiated in a commercial irradiator, model PR1 of the CBN, at 7 kGy/hour dose tax and activity of 1.200.000Ci. Irradiation did not affect the oxidative quality of the flours in any of the treatments administered prior to the expiration date. On the other hand, the organoleptical properties were negatively affected, as well as the viscoelastic properties of these flours. Under the conditions of our experiment, it can be concluded that irradiation may be an alternative means of flour preservation.

Keywords: gamma radiation; wheat flour; corn meal; organoleptical quality; shelf life; oxidative stability.

1 Introdução

O armazenamento, seja ele de grãos, seja de seus produtos derivados, é um processo dinâmico e exige tecnologia, conhecimento e cuidados constantes. O produto armazenado tem alto valor comercial, é fruto de trabalho árduo, e as perdas, que possam ocorrer, representam, em última análise, prejuízos para toda a sociedade. Deve-se, portanto, dar a devida atenção a esta importante fase da cadeia produtiva, de maneira a garantir a qualidade e minimizar as perdas (BRADER et al., 2002). A maior parte destas perdas se deve à infestação de fungos, insetos e roedores em grãos, de onde se pode concluir que o controle das infestações, por meio da irradiação, como uma alternativa à fumigação química (WARCHALEWSKI et al., 2002) para armazenamento de grãos de trigo (TUNCBILEK, 1997; ALDRYHIM; ADAM, 1999; DELINCEE, 1998; DONAHAYE, 2000).

O *World Health Organization Study Group* (1999) garantiu que o alimento irradiado é seguro ao longo de toda a faixa de dose de irradiação tecnologicamente utilizável. Portanto, não há necessidade de estipular um limite superior de doses de tratamento por razões de segurança alimentar, e a dose limite

deve ser determinada de acordo com os efeitos que a irradiação venha a ter sobre a qualidade do alimento (AUSTRIA, 2003). A legislação brasileira não limita a dose a ser aplicada ao alimento, apenas determina que a dose mínima absorvida deva ser suficiente para alcançar a finalidade pretendida, e a máxima deve ser inferior àquela que comprometeria as propriedades funcionais e/ou os atributos sensoriais do alimento (SINGER, 2006).

Tipples e Norris (1965) verificaram que a radiação gama produziu alterações na fração lipídica de trigo irradiado e concluíram que mudanças químicas, físicas e bioquímicas ocorrem nos constituintes do trigo exposto à radiação gama, em extensão variável conforme a origem do trigo e da dose de radiação.

Um aumento no índice de peróxido diretamente proporcional à radiação absorvida por grãos foi observado por Hanis et al. (1988), entretanto, mesmo pertencendo à classe dos constituintes de alimentos mais sensíveis à irradiação, em doses superiores a 10 kGy, não se observou alteração significativa nos lipídios dos cereais.

Recebido para publicação em 16/4/2008

Aceito para publicação em 16/5/2009 (003443)

¹ Departamento de Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica, Universidade de São Paulo – USP, CEP 05508-900, São Paulo - SP, Brasil, E-mail: clarorob@yahoo.com.br

² Departamento de Nutrição, Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo – USP, São Paulo - SP, Brasil

³ Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo – USP, CEP13418-900, Piracicaba - SP, Brasil

* A quem a correspondência deve ser enviada

Outros constituintes de cereais também sofreram alterações, como diminuição do conteúdo de amido, perda da viscosidade, aumento no teor de maltose, perda da capacidade de hidratação da proteína (MACARTHUR; D'APPOLONIA, 1984), aumento da digestibilidade de amido e proteínas (RAYAS-DUARTE; RUPNOW, 1993), ou diminuição no tempo de cozimento de cereais (SABURLARSE et al., 1991), diminuição do teor de antioxidantes (HANIS et al., 1988) e destruição dos pigmentos carotenoides (TIPPLES; NORRIS, 1965).

Gralik e Warchalewski (2006) observaram alterações na fração proteica da farinha de trigo irradiada com doses de 0,05 kGy. Hilsenrath (2005) conduziu estudos para avaliar o benefício da irradiação na carga microbiológica e entomológica de farinha de trigo e observou alterações nas propriedades reológicas desta farinha. Singer (2006) avaliou as propriedades físico-químicas, reológicas e entálpicas da farinha de trigo irradiada e concluiu que a dose de 2 kGy afetou o processo de gelatinização do amido.

A irradiação gera radicais livres que são responsáveis por estas alterações moleculares como a fragmentação do amido (SOKHEY; HANNA, 1993), a redução da viscosidade, a maior capacidade de hidratação e o aumento da acidez (BAO; CORKE, 2002; LEE et al., 2003, 2008). Vários estudos demonstram que a irradiação é capaz de reduzir a viscosidade de farinhas de cereais (LEE et al., 2003, 2008).

Neste trabalho, objetivou-se verificar o efeito de diferentes doses da radiação gama (3; 4, 5; 6 kGy) em farinha de trigo e fubá, sobre os seus atributos sensoriais e físico-químicos.

2 Material e métodos

A farinha de trigo foi obtida diretamente de moinho comercial de trigo, embalada em sacos de polietileno de 1 kg e, posteriormente, com papel Kraft, com quatro pacotes em cada fardo. O mesmo procedimento foi realizado com o fubá, que também foi obtido diretamente de uma feccularia em sacos de polietileno de 500 g. A amostra controle foi embalada e armazenada da mesma maneira, não sendo submetida ao processo de irradiação.

As amostras foram irradiadas em irradiador comercial modelo PR1 da CBN, com atividade de 1.200.000 Ci e a taxa de dose de 7 kGy/hora. Após a irradiação, as amostras de farinha de trigo e fubá foram armazenadas à temperatura ambiente por três e seis meses, respectivamente, que correspondem ao prazo de validade utilizado por cada fabricante para produtos semelhantes não irradiados.

Mensalmente foi retirado um fardo de cada tratamento da farinha de trigo e do fubá (controle, 3, 4, 5 e 6 kGy), sendo que de cada fardo se utilizaram três pacotes para as análises químicas e um para a análise sensorial. Todas as análises químicas foram realizadas em triplicata para cada pacote.

As amostras de farinha foram submetidas à extração de lipídios a frio, segundo Bligh e Dyer (1959). Na fração lipídica (miscela com clorofórmio) determinou-se o índice de peróxido segundo o método 8-53 da American Oil Chemists' Society. (1997). Para esta determinação, foram utilizados 20 mL

de miscela de cada amostra, acrescidos de 30 mL de ácido acético concentrado e 0,5 mL de solução de iodeto de potássio saturado. Antes da titulação com tiosulfato de sódio 0,01N, adicionaram-se 30 mL de água destilada e 1 mL de amido. O cálculo do índice de peróxido foi feito adotando-se a fórmula prevista no método oficial, considerando-se a massa do óleo presente na amostra analisada. O mesmo critério foi empregado para a determinação do índice de acidez (método Ca-5a-40 da AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY, 1997), determinados em 10 mL da miscela. As análises de grau de umidade foram realizadas segundo o método nº 44-15A do Approved Methods of American Association of Cereal Chemists (2000).

O índice de solubilidade de proteína (ISP) foi determinado nos meses 0, 3 e 6, para o fubá, e 0 e 3, para a farinha de trigo conforme metodologia da American Oil Chemists' Society n 11-65 da AOCS (1997). A viscosidade da pasta foi determinada em equipamento Analisador Rápido de Viscosidade (RVA), modelo RVA-4 (*Newport Scientific*, Austrália). As suspensões de farinha (2 g farinha em 20 mL de água), corrigidas para a base de 14% de umidade, passaram pela programação tempo/temperatura: 50 °C por 1 minuto, aquecimento de 50 a 95 °C a uma taxa de 6 °C/min, manutenção da pasta a 95 °C por 5 minutos e resfriamento de 95 a 50 °C a uma taxa de 6 °C/minuto. A viscosidade máxima foi expressa em RVU.

As farinhas foram avaliadas sensorialmente pelo método afetivo (POSTE, 1991) quanto à aparência, cor e odor em todos os meses do armazenamento. As amostras foram retiradas dos invólucros e colocadas em placa de Petri de 15 cm de diâmetro, tampadas e conservadas à temperatura ambiente durante a apresentação. Uma equipe de 25 provadores avaliou as amostras irradiadas e o controle, sobre os quais expressaram atributos dentro de escala de 0 a 8 pontos. Foram realizadas quatro sessões, correspondentes aos períodos de armazenamento da farinha de trigo e sete sessões para o fubá. Os provadores foram treinados para utilizarem as escalas. Os dados de análise sensorial foram analisados através da ANOVA e Teste de Tukey.

Para os três parâmetros (aparência, cor e aroma) foi utilizada uma escala graduada de 8 pontos, variando de "gostei extremamente" (nota 8) a "desgostei extremamente" (nota 0), como pode ser observada na ficha de avaliação sensorial (Figura 1). As amostras foram casualizadas, identificadas com números de três dígitos durante a apresentação ao provador.

3 Resultados e discussão

3.1 Umidade

As alterações na umidade estão associadas ao caráter higroscópico da farinha e sua conseqüente tendência a responder às variações da umidade relativa do ambiente de armazenamento, conforme as propriedades de transferência de vapor de água do material da embalagem.

Os graus de umidade da farinha de trigo durante o armazenamento são apresentados na Tabela 1, na qual se observa que, durante os quatro tempos de armazenamento (mês 0, 1, 2 e 3), se mantiveram estáveis, apresentando médias que variaram de 11,28 a 12,58%. A partir destes dados, pode-se

Avaliação sensorial de _____
 Nome: _____ Data: __/__/____
 Muito obrigado por participar de nossa pesquisa com _____
 Você receberá quatro amostras de farinha para avaliar. Por favor,
 leia este questionário antes de iniciar o teste, depois prove o
 produto e responda as questões que se seguem

1 – Indique o quanto você gostou de maneira geral do produto
 gostei extremamente
 gostei muito
 gostei regularmente
 gostei ligeiramente
 não gostei nem desgostei
 desgostei ligeiramente
 desgostei regularmente
 desgostei moderadamente
 desgostei extremamente

2 – Indique o quanto você gostou da cor do produto
 gostei extremamente
 gostei muito
 gostei regularmente
 gostei ligeiramente
 não gostei nem desgostei
 desgostei ligeiramente
 desgostei regularmente
 desgostei moderadamente
 desgostei extremamente

3 – Indique o quanto você gostou do aroma do produto
 gostei extremamente
 gostei muito
 gostei regularmente
 gostei ligeiramente
 não gostei nem desgostei
 desgostei ligeiramente
 desgostei regularmente
 desgostei moderadamente
 desgostei extremamente

4 – Comentários: por favor, indique o que em particular
 você mais gostou ou menos gostou neste produto
 (use palavras ou frases)
 Mais gostei: _____ Menos gostei: _____

5 – Você costuma consumir esse tipo de produto?
 Sim, diariamente
 Sim, de vez em quando (com que frequência? _____)
 Sim, raramente
 Nunca

Figura 1. Ficha de avaliação sensorial das amostras de farinha de trigo e fubá.

afirmar que as condições de armazenamento foram adequadas, com a manutenção da umidade da farinha a valores próximos ao inicial, muito importante na conservação de produtos farináceos. Marathe et al. (2002) verificaram aumento na umidade de farinha de trigo irradiada após três meses de armazenamento o que foi atribuído à permeabilidade da embalagem.

A umidade do fubá oscilou muito durante o experimento (Tabela 2), entretanto, apesar de terem sido significativas

Tabela 1. Solubilidade Proteica (%), lipídios (%), umidade (%) índice de acidez (g ácido oleico.100 g⁻¹ amostra) da farinha de trigo irradiada e não irradiada durante o armazenamento.

	Tratamentos	Mês 0	Mês 1	Mês 2	Mês 3
Solubilidade proteica (%)	Controle	54,4	-	-	56,0
	3 kGy	53,9	-	-	55,1
	4,5 kGy	54,0	-	-	53,6
	6 kGy	56,4	-	-	53,8
Lipídios (% em matéria seca)	Controle	1,8	1,8	1,9	1,7
	3 kGy	2,0	2,0	1,8	1,8
	4,5 kGy	2,1	2,1	1,9	1,8
	6 kGy	1,9	1,9	1,9	1,8
Umidade (%)	Controle	11,6	12,2	12,4	12,2
	3 kGy	11,3	12,2	12,3	12,3
	4,5 kGy	11,7	12,0	12,4	12,6
	6 kGy	11,3	12,3	12,3	12,3
Índice de acidez (g ácido oleico.100 g ⁻¹ amostra)	Controle	5	5,3	5,6	6,4
	3 kGy	6,4	6,6	5,9	5,3
	4,5 kGy	7,7	5,4	6,3	6,9
	6 kGy	8,3	5,9	6	7,3

estas oscilações, os graus de umidade nunca ultrapassaram o permitido pela legislação brasileira vigente (ANVISA, s.d.), ou seja, em nenhum dos períodos avaliados foi superior a 15%.

Acredita-se que, apesar de ter sido armazenado nas mesmas condições de ambiente que a farinha de trigo, o fubá não se comportou da mesma maneira por estar em embalagem de permeabilidade diferente, permitindo ao fubá uma resposta maior e mais rápida às oscilações do ambiente. Além disso, como o período de armazenamento do fubá foi de seis meses, a faixa variação da temperatura e umidade relativa ambiente foi maior.

Os valores de umidade encontrados neste trabalho não são afetados pela dose de irradiação e são semelhantes aos resultados encontrados por outros autores (MACARTHUR; D'APPOLONIA, 1984; MARATHE et al., 2002).

3.2 Lipídios totais

Os teores de óleo encontrados neste trabalho foram coerentes com os da literatura, com médias de 2,1 a 1,7%, para a farinha de trigo, e 2,2 a 3,6%, para o fubá (URBAIN, 1986). Os teores iniciais de óleo para farinha de trigo foram condizentes com os encontrados por Marathe et al. (2002). A irradiação não afetou o teor de óleo das farinhas (Tabela 1).

3.3 Índice de acidez

Hannis et al. (1988) verificaram que doses de radiação de até 10 kGy não causaram nenhuma alteração nos lipídios dos cereais. A aplicação de altas doses pode levar a algumas mudanças em função do tipo e composição do lipídio, da presença de antioxidantes, composição do cereal irradiado e condições de irradiação (NAWAR, 1983).

A irradiação provocou alteração na acidez graxa nas farinhas e essa alteração foi maior quanto maior a dose de

Tabela 2. Solubilidade Proteica (%), lipídios (%), umidade (%) índice de acidez (g de ácido oleico.100g⁻¹ amostra) do fubá irradiado e não irradiado durante o armazenamento.

	Tratamentos	Mês 0	Mês 1	Mês 2	Mês 3	Mês 4	Mês 5	Mês 6
Solubilidade proteica (%)	Controle	42,8	-	-	37,6	-	-	32,4
	3 kGy	33,2	-	-	42,3	-	-	35,1
	4,5 kGy	31,7	-	-	32,9	-	-	40,7
	6 kGy	33,6	-	-	32,6	-	-	34,0
Lipídios (% em matéria seca)	Controle	2,8	3,2	3,1	2,3	3,6	2,7	2,8
	3 kGy	2,5	3,2	3,4	2,2	3,5	2,9	2,8
	4,5 kGy	2,5	3,4	3,0	2,3	3,0	2,9	2,8
	6 kGy	2,6	3,1	3,3	2,2	3,3	3,2	2,9
Umidade (%)	Controle	9,9	10,6	10,4	9,9	11,2	10,2	9,9
	3 kGy	9,3	10,6	10,0	9,9	10,7	10,4	9,9
	4,5 kGy	9,9	10,5	10,7	9,5	10,7	10,1	9,9
	6 kGy	10,1	10,4	10,3	9,9	10,0	10,3	11,0
Índice de acidez (g ácido oleico.100g ⁻¹ amostra)	Controle	6,7	8,2	9,2	11	13,6	15,7	10,2
	3 kGy	9,7	7,3	8,1	9,6	13,7	13,7	11,5
	4,5 kGy	9,3	7,1	5,5	10,4	12,6	14,1	12,6
	6 kGy	6,7	8,2	9,2	11	13,6	15,7	10,2

irradiação. Além disso, o armazenamento, como era esperado, causou danos hidrolíticos nos lipídios das farinhas, agravados pela intensidade da irradiação (Tabela 1 e 2), contrariando Marathe et al. (2002), que observaram aumentos significativos no teor de ácidos graxos livres em farinha de trigo armazenada por 6 meses, independentemente da amostra ser irradiada ou não.

O índice de acidez da farinha de trigo controle aumentou gradativamente com o tempo de armazenamento (Tabela 1). Com 3 kGy, o índice de acidez da farinha se apresentou relativamente mais alto no início do experimento, mantendo-se durante o armazenamento, sofrendo aumento no último mês. As farinhas irradiadas com 4,5 e 6 kGy foram as que apresentaram os maiores índices iniciais, que, apesar de terem diminuídos durante o armazenamento, após três meses ainda foram superiores aos demais. A irradiação teve efeito muito maior sobre a qualidade da fração lipídica das amostras de fubá. Os índices de acidez iniciais foram superiores aos da farinha de trigo (Tabela 2). Aos índices de acidez iniciais mais altos, corresponderam incrementos maiores com o tempo de armazenagem. Dentre todos os índices analíticos, o índice de acidez foi o que mais prontamente refletiu a ação da irradiação.

Na alteração hidrolítica dos lipídios ou lipólise, os ácidos graxos são liberados dos triglicerídeos. Assim, além do sabor desagradável, ocorre o aumento da acidez, susceptibilidade dos ácidos graxos às reações de oxidação e alterações das propriedades funcionais (GUTKOSKI; PEDÓ, 2000).

3.4 Índice de peróxido

Não foi encontrado nenhum indício da presença de peróxidos em nenhum dos tratamentos durante os períodos de armazenamento. Sendo assim, pode-se dizer que as amostras apresentaram boa estabilidade oxidativa, mesmo sofrendo o tratamento de irradiação e armazenamento.

Urbain (1986) não detectou alteração oxidativa na fração lipídica de farinha de trigo irradiada com doses entre 0,1 e 1,75 kGy. Tipples e Norris (1965) trabalharam com farinhas provenientes de trigo irradiado com doses de 0, 1, 10, 50, 100 kGy, armazenadas durante 6 meses e observaram aumento do índice de peróxido paralelo ao aumento da dose de radiação. Com altas doses de radiação, da ordem de 100 kGy, ocorreram algumas alterações na fração lipídica, triglicerídeos, galactolipídios e fosfolipídios que se refletiram no maior teor de esteróis livres, monoglicerídeos e diglicerídeos. Os autores também observaram que a fração lipídica de farinhas irradiadas oxidou menos em seis meses de armazenamento que as farinhas não irradiadas. Durante o armazenamento da farinha irradiada, os ácidos graxos foram oxidados mais lentamente que nas amostras controle, de forma que os valores de peróxidos na amostra controle apresentaram aumento proporcional ao tempo enquanto que isso não aconteceu com as amostras não irradiadas. E sugeriram que esse aumento de peróxidos se deveu à destruição dos tocoferóis provocada pela irradiação, deixando a fração lipídica mais suscetível à oxidação.

3.5 Solubilidade proteica

A qualidade e integridade da proteína de cereais são significativas para o seu valor nutricional. No caso de alguns alimentos como o arroz e o trigo, também são importantes para as características funcionais. Altas doses de radiação (30 kGy) não afetam o conteúdo de proteína, no entanto pode ocorrer aumento do teor de aminoácidos livres; pequenos aumentos de isoleucina, tirosina, valina e alanina foram observados em trigo irradiados com doses de 10 kGy (URBAIN, 1986)

A solubilidade proteica da farinha de trigo, qualidade da proteína íntegra, que reflete a capacidade de solubilização em meio aquoso, foi de 54% (Tabela 1). As amostras irradiadas não diferiram significativamente do controle no tempo zero e também após três meses de armazenamento, indicando que

a irradiação não afetou a solubilidade proteica de farinha de trigo.

A solubilidade da proteína do fubá foi de 43% na amostra original (Tabela 2). A irradiação reduziu-a a valores entre 31,7 e 33,65% nas amostras recém-tratadas. O armazenamento afetou gradativamente a integridade das proteínas do fubá não irradiado, tendo, ao cabo de seis meses, apresentado valores comparáveis aos das amostras irradiadas. Estatisticamente as amostras controle do fubá se apresentaram superiores às demais até o terceiro mês de armazenamento.

Alguns autores sugeriram que a irradiação de trigo resulta em degradação molecular de proteínas (SRINIVAS et al., 1994), contradito por outros trabalhos com grãos de trigo e sua farinha, nos quais a proteína e sua solubilidade não foram afetadas pela irradiação (MACARTHUR; D'APPOLONIA, 1984).

3.6 Análise sensorial

Aparência global

O atributo aparência global não foi citado em nenhuma ficha sensorial para indicar o desagrado pela amostra. Durante os primeiros meses de armazenamento houve maior frequência das expressões “gostei extremamente” e “gostei muito” (notas 8 e 7), sendo reduzida ao longo do armazenamento. As notas mais baixas (“desgostei muito” e “desgostei extremamente”) foram mais frequentes ao fim do armazenamento.

Todas as doses de irradiação afetaram a aparência global da farinha de trigo. (Figura 2)

A frequência de notas 8 foi reduzida em 26% na dose de 3 kGy, 32% na dose de 4,5 kGy e em 40% na dose de 6 kGy, comparadas à amostra controle no início do experimento. As farinhas que receberam 4,5 e 6 kGy foram as que apresentaram maior frequência de notas baixas, sendo assim as mais rejeitadas pelos provadores.

Assim como a farinha de trigo, o fubá apresentou, em geral, redução na frequência das notas altas conforme a dose de irradiação aplicada (Figura 3).

O tratamento afetou a aparência global da farinha de trigo e do fubá, proporcionalmente ao aumento da dose de irradiação e ao tempo de armazenamento.

Cor

A cor é um fator importante de aceitação da farinha de trigo e do fubá. A cor do fubá foi drasticamente afetada pelo tratamento. As reduções das notas “8” foram de 41, 81 e 73% para os tratamentos 3, 4, 5 e 6 kGy respectivamente, comparados à amostra controle no primeiro mês do armazenamento (Figura 4).

O mesmo comportamento foi observado na farinha de trigo, na qual as reduções foram de 33, 63 e 82% na incidência de notas 8 (Figura 5).

O fubá apresentou alterações em sua coloração devido ao tratamento de irradiação e, assim como na farinha de trigo, essas

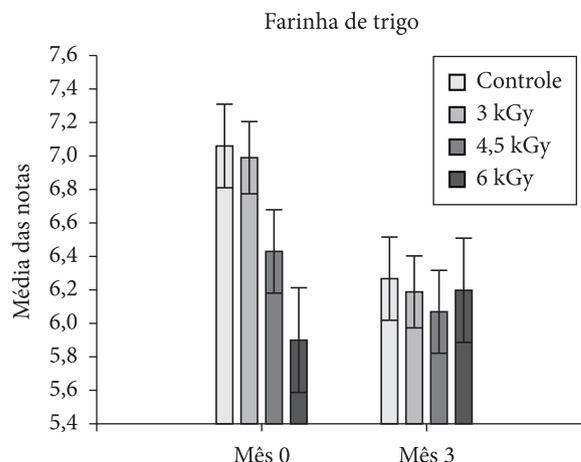


Figura 2. Média das notas de aparência da farinha de trigo irradiada e não irradiada (controle) durante o armazenamento.

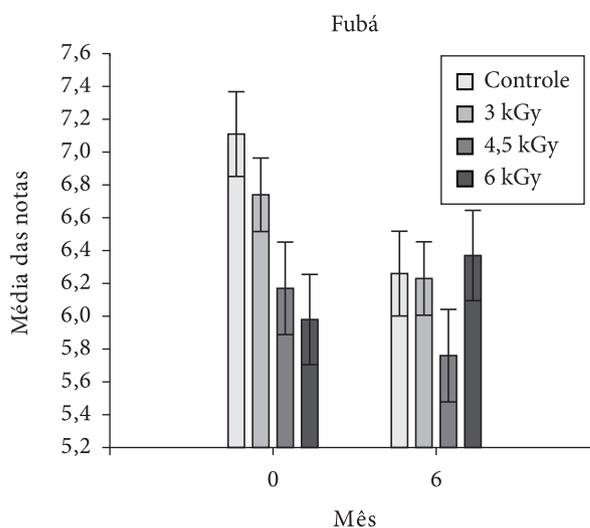


Figura 3. Média das notas de aparência do fubá irradiado e não irradiado durante o armazenamento.

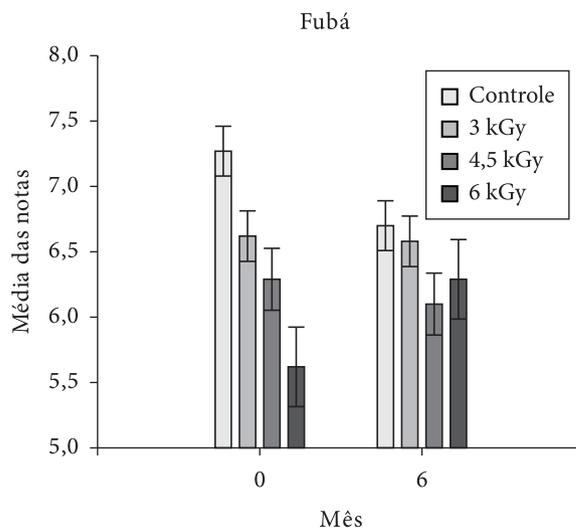


Figura 4. Média das notas de cor do fubá irradiado e não irradiado durante o armazenamento.

alterações foram perceptíveis aos provadores que mencionaram na ficha sensorial o clareamento das amostras de fubá e o escurecimento da amostra de farinha de trigo. O clareamento do fubá pode ser explicado pela degradação de carotenoides durante o tratamento de irradiação (LAI; FINNEY; MILNER, 1959; TIPPLES; NORRIS, 1965). O escurecimento da farinha de trigo também foi observado por outros autores que o associaram à caramelização dos açúcares presentes (KANG et al., 1999). O parâmetro cor foi o mais citado para justificar a rejeição das amostras de farinha de trigo desde o início do experimento.

Aroma

Farinhas de odor desagradável normalmente transferem aos seus produtos essa característica indesejável. Por essa razão, o aroma deve ser característico de material farináceo que provém de trigo ou milho recém-colhido. O odor de farinha deve ser característico. Não é raro possuir odor de “velho”, devido à moagem de grão armazenado por muito tempo e tratado com substâncias para assegurar a sua conservação, mas esse odor desaparece com o processamento. Se o trigo for armazenado com umidade superior à crítica, a farinha apresenta odor desagradável, devido à alteração da matéria graxa e proteica, prejudicando a qualidade do produto final. Quanto ao sabor, poderão ocorrer as mesmas alterações do odor (LEITÃO et al., 1990).

O aroma do fubá foi o parâmetro mais citado para justificar o desgosto pelas amostras nos primeiros meses de armazenamento. Os provadores o caracterizaram como: “metálico”, “velho” e “ardido”. Entretanto, nos últimos meses de armazenamento nenhuma menção foi feita ao aroma. Provavelmente isso ocorreu devido ao aumento da acidez observado na Tabela 2, que produz compostos que são voláteis e se perderam para o ambiente.

Com o aumento da dose de irradiação, a frequência das notas mais altas (8 e 7) diminuiu, predominando as notas médias e baixas (entre 5 e 2) (Figuras 6 e 7), indicando que as amostras que foram irradiadas, sofreram maior rejeição pelos provadores.

O aroma da farinha de trigo também causou desgosto aos provadores nos primeiros dois meses de análise e, assim como a fubá, com o armazenamento, esse aroma não característico possivelmente tenha sido volatilizado.

Uma modificação no odor também foi observada por Tipples e Norris (1965) em amostras de trigo irradiadas (0, 1, 10 e 100 kGy), que apresentaram forte odor de gordura oxidada, mais intenso com o aumento das doses de irradiação. Esse odor persistiu quando o trigo irradiado foi processado para a fabricação de farinha. Urbain (1986) detectou alteração no odor somente com doses acima de 500 krad (5 kGy). Lai et al. (1959) verificaram que o trigo irradiado apresentou forte odor, o qual foi mais intenso com altos teores de irradiação e persistiu quando o trigo foi processado a farinha. Gutkoski e Pedó (2000) associaram essa alteração no odor de farinhas ao aumento da acidez.

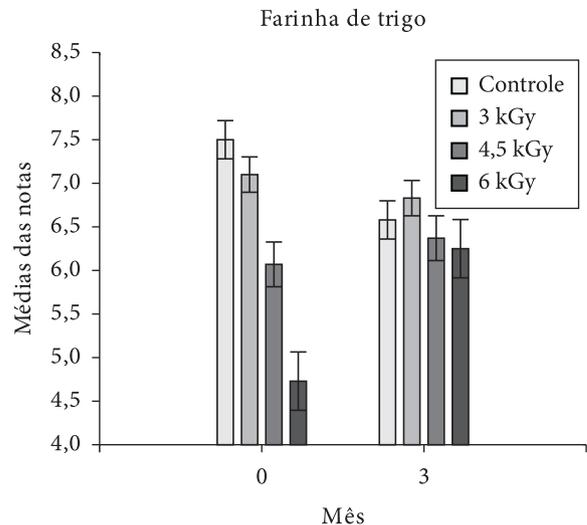


Figura 5. Média das notas de cor da farinha de trigo irradiada e não irradiada antes e após o armazenamento.

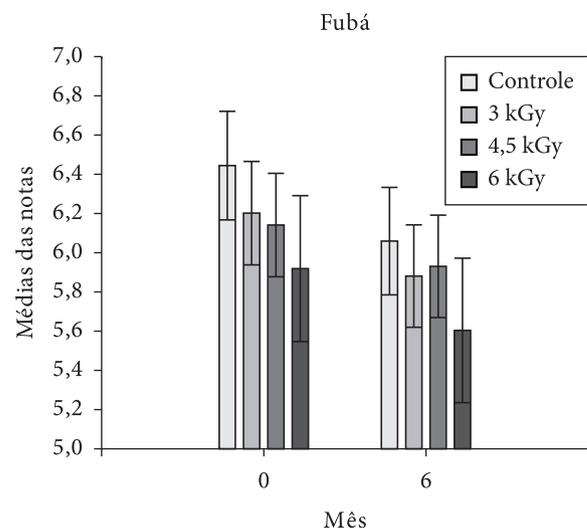


Figura 6. Média das notas de aroma do fubá irradiado e não irradiado antes e após o armazenamento.

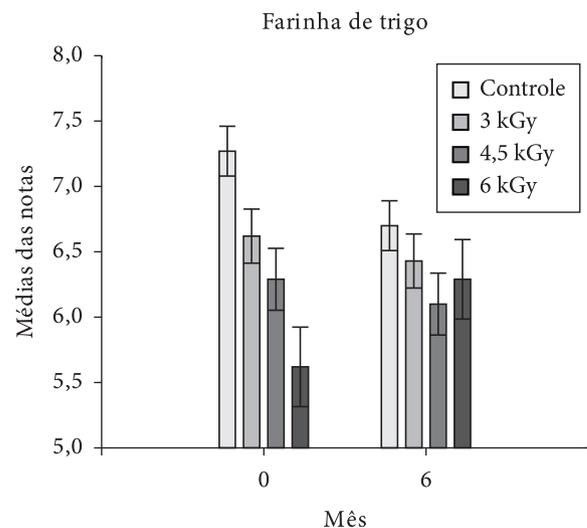


Figura 7. Média das notas de aroma da farinha de trigo irradiada e não irradiada antes e após o armazenamento.

Tabela 3. Pico de viscosidade (RVU) das farinhas antes e após a irradiação.

	Tratamentos	RVU
Fubá	Controle	505,58
	3 kGy	234,83
	4,5 kGy	184,08
	6 kGy	112,92
Farinha de trigo	Controle	189,75
	3 kGy	101,00
	4,5 kGy	95,75
	6 kGy	32,25

Viscosidade

O volume do pão é dependente da fermentação da massa, e essa fermentação é dependente da presença de amido e do conteúdo proteico da farinha. A levedura utiliza o amido, que é um dos constituintes mais sensíveis à irradiação. A radiação, por sua vez, provoca despolimerização do amido, que leva ao aumento dos teores de açúcares redutores. O aumento da produção autolítica de açúcares redutores no trigo irradiado é devido à maior susceptibilidade do amido à hidrólise por diástases. A desnaturação dos polissacarídeos reduz a viscosidade da pasta de amido devido à maior solubilidade da fração amilopectina (DESCHREIDER, 1965).

A viscosidade medida no aparelho RVA demonstra perda de viscosidade pelas farinhas, comportamento este também observado por outros autores para outras farinhas (SIRISOONTARALAK; NOOMHORM, 2006; BAO et al., 2001; BAO; CORKE, 2002; MACARTHUR; D'APPOLONIA, 1984; SRINIVAS et al., 1994). A queda na viscosidade do fubá foi brusca e proporcional à dose aplicada, com perdas de 53, 63 e 78% para a aplicação das dosagens de 3, 4, 5 e 6 kGy respectivamente (Tabela 3).

O mesmo comportamento foi observado na farinha de trigo, com perdas de 46, 50 e 83% para as mesmas dosagens (Tabela 3). A redução da viscosidade indica que a irradiação provoca a degradação molecular dos grânulos de amido (BAO; AO; JANE, 2005).

4 Conclusões

Dentro das condições experimentais pode-se concluir que:

O processo de irradiação não promove a deterioração oxidativa da farinha de trigo e do fubá, porém favorece a sua hidrólise, mais notadamente no fubá do que no trigo. O tempo de armazenamento concorre para o seu aumento.

A farinha de trigo e o fubá se mostram aceitáveis sensorialmente em todos os tratamentos, mesmo quando receberam as doses mais altas de 6 kGy, entretanto foi possível observar que a irradiação associada ao tempo de armazenamento promoveu perdas tecnológicas na qualidade das farinhas.

Agradecimentos

Os autores agradecem às empresas Cargill Agrícola S/A e Yoki Alimentos S/A a doação da matéria-prima, à Companhia Brasileira de Esterilização a irradiação das amostras e à Capes a concessão da bolsa de mestrado.

Referências bibliográficas

- ALDRYHIM, Y. N.; ADAM, E. E. Efficacy of gamma irradiation against *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). **Journal Stored Products Research**, v. 35, n. 3, p. 225-232, 1999.
- AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY. **Official methods and recommended practices of AOCS**. 5 ed. Champaign, 1997. 3 v.
- APROVED METHODS OF AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS – AACCC. **Approved Methods of the AACCC**. 10 ed. Saint Paul, 2000. 2 v.
- BAO, J. S et al. Effects of gamma irradiation on aspects of milled rice (*Oryza sativa*) end-use quality. **Journal of Food Quality**, v. 24, n. 4, p. 327-336, 2001.
- BAO, J. S.; AO Z. H.; JANE, J. L. Characterization of physical properties of flour and starch obtained from gamma-irradiated white rice. **Starch**, v. 57, p. 480-487, 2005.
- BAO, J. S.; CORKE, H. Pasting properties of gamma-irradiated rice starches as affected by pH. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 2, p. 336-341, 2002.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.
- BRADER, B. et al. A comparison of screening methods for insect contamination in wheat. **Journal Stored Products Research**, v. 38, n. 1, p. 75-86, 2002.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência de Vigilância Sanitária. Estabelece normas gerais sobre irradiação de alimentos. Decreto nº 72.718, 29 de agosto de 1973. **Diário Oficial da União**, Brasília, ago. 1973.
- DELINCÉE, H. Control of irradiated food: recent developments in analytical detection methods. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 42, n. 1-3, p. 351-357, 1993.
- DELINCÉE, H. Detection of food treated with ionising radiation. **Trends Food Science Technology**, v. 9, n. 2, p. 73-82, 1998.
- DESCHREIDER, A. R. Action des rayons gama sur les elements constitutifs de la farine de blé. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FOOD IRRADIATION, 1965, Vienna. **Proceedings...** Vienna: International Atomic Energy Agency, 1966. p. 643-648.
- DONAHAYE, E. J. Current status of non-residual control methods against stored product pests. **Crop Protection**, v. 19, n. 8-10, p. 571-576, 2000.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Division of nuclear techniques in food and agriculture**. Vienna: FAO, 1991. 7 p.
- GRALIK, J.; WARCHALEWSK, J. R. The influence of γ -irradiation on some biological activities and electrophoresis patterns of wheat grain albumin fraction. **Food Chemistry**, v. 99, n. 2, p. 289-298, 2006.
- GUTKOSKI, L. C.; PEDÓ, I. **Aveia, composição química, valor nutricional e processado**. São Paulo: Varela, 2000. 96 p.
- HANIS, T. et al. Effect of gamma irradiation on survival of natural flora and some nutrients in cereal meals. **Cereal Chemistry**, v. 65, n. 1, p. 381-383, 1988.

- HILSENATH, F. C. **Estudo do impacto da irradiação sobre a qualidade do trigo e da farinha de trigo**. 2005. 61 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY FOOD AND ENVIRONMENTAL PROTECTION. **Newsletter**, suppl. 1, 1998. 1p.
- INTERNATIONAL CONSULTATIVE GROUP ON FOOD IRRADIATION. **First World on Food Irradiation**. Disponível em: <http://www.foodsafe.msu.edu/events/congress_irrad1/congress_presentation.pdf/roberts_presentation_pdf>. Acesso em: 15 set. 2005
- KANG, I. J. et al. Production of modified starch by gamma irradiation. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 54, n. 4, p. 425-430, 1999.
- LAI, S. P.; FINNEY, K. F.; MILNER, M. Treatment of wheat with ionizing radiations IV. oxidative, physical, and biochemical changes. **Cereal Chemistry**, v. 36, p. 401-411, 1959.
- LEE, S. C. et al. Effect of far-infrared radiation on the antioxidant activity of rice hull. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 51, n. 15, p. 4400-4403, 2003
- LEE, S. C. et al. Effect of gamma irradiation on viscosity reduction of cereal porridges for improving energy density. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 77, n. 3, p. 352-356. 2008.
- MACARTHUR, L. A.; D'APPOLONIA, B. L. Gamma radiation of wheat. II: effects of low-dosage radiations on starch properties. **Cereal Chemistry**, v. 61, n. 4, p. 321-326, 1984.
- MARATHE, S. A. et al. Extension of shelf-life of whole-wheat flour by gamma radiation. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 37, n. 2, p. 163-168, 2002.
- NAWAR, W. W. Comparison of chemical consequences of heat and irradiation treatment of lipids. In: ELIAS, S.; COHEN, A. J. **Recent Advances in Food Irradiation**. Amsterdam: Elsevier Biomedical Press, 1983. p.115.
- POSTE, L. M. et al. **Laboratory of methods for sensory analysis of food**. Otta: Canada Communication Group, 1991. 90 p.
- RAO, S. V. et al. Studies on extension of shelf-life of rawa by gamma irradiation. **Journal Food Science Technnology**, v. 31, n. 2, p. 311-315, 1994.
- RAYAS-DUARTE, P.; RUPNOW, J. H. Gamma-irradiation affects some physical properties of dry bean (*Phaseolus vulgaris*) starch. **Journal Food Science**, v. 58, n. 2, p. 389-394, 1993.
- SABURLARSE, V. C. et al. Cooking quality of brown rice as influenced by gamma-irradiation, variety and storage. **Journal Food Science**, v. 56, n. 1, p. 96-98, 1991.
- SINGER, C. S. **Propriedades físico-químicas, reológicas, entálpicas e de panificação da farinha obtida de trigo irradiado**. 2006. 106 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- SIRISOONTARALAK, P.; NOOMHORM, A. Changes to physicochemical properties and aroma of irradiated rice. **Journal Stored Production Research**, v. 42, p. 264-276, 2006.
- SOKHEY, A. S.; HANNA, M. A. Properties of irradiated starches. **Food Structure**, v. 12, p. 397-410, 1993.
- SRINIVAS, H. et al. Effect of gamma irradiation on wheat proteins. **Journal Food Science**, v. 37, n. 6, p. 715-718, 1994.
- TIPPLES, K. H.; NORRIS, F. W. Some effects of high level gama irradiation on the lipids of wheat. **Cereal Chemistry**, v. 42, n. 4, p. 437-451, 1965.
- TUNCBILEK, A. S. Susceptibility of the saw-toothed grain beetle, *Oryzaephilus surinamensis* (L.), to gama radiation. **Journal Stored Products Research**, v. 33, n. 4, p. 331-334, 1997.
- WARCHALEWSKI, J.R. et al. The effect of wheat α -amylase inhibitors incorporated into wheat-based artificial diets on development of *Sitophilus granarius* L., *Tribolium confusum* Duv., and *Ephestia kuehniella* Zell. **Journal Applied Entomology**, v.126, n. 4, p.161-168, 2002.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Safety and nutritional adequacy of irradiated food**. Geneva: WHO, 1994. 161 p.