

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

DÂMARIS CARVALHO LIMA

**Efeitos da irradiação nas propriedades físico-químicas do
feijão carioca**

Piracicaba

2016

DÂMARIS CARVALHO LIMA

**Efeitos da irradiação nas propriedades físico-químicas do
feijão carioca**

Versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

**Dissertação apresentada ao Centro de
Energia Nuclear na Agricultura da
Universidade de São Paulo para obtenção
do título de Mestre em Ciências**

**Área de Concentração: Energia Nuclear na
Agricultura e no Ambiente**

Orientador: Prof. Dr. Valter Arthur

Piracicaba

2016

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Serviço Técnica de Biblioteca – CENA/USP

Lima, Dâmaris Carvalho

Efeitos da irradiação nas propriedades físico-químicas do feijão carioca/
Dâmaris Carvalho Lima; orientador Valter Arthur. -- Piracicaba, 2016.
69 p. : il.

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

1. Ácido fítico 2. Colorimetria 3. Conservação de alimentos 4. Cozimento
5. Irradiação de alimentos 6. Processamento de alimentos 7. Radiação ionizante I. Título

CDU 664.8.039.5 : 635.652

Dedico este trabalho aos meus pais e meus irmãos.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela força que me dá diariamente.

Aos meus pais, Silvio e Cristina, meus irmãos, Israel e Sarah, pelo o amor, carinho e paciência.

Ao meu orientador Prof. Dr. Valter Arthur pela orientação, paciência, confiança e incentivo na realização deste trabalho.

A Profa. Dra. Elisabete A. de Nadai Fernandes, por permitir realizar parte de minhas análises em seu laboratório.

A Profa. Dra. Solange Guidolin Canniatti-Brazaca e a Prof. Dra. Erika Maria Roel Gutierrez, por tirarem minhas dúvidas com relação às análises feitas neste trabalho.

A Profa. Dra. Simone Daniela Sartorio, da UFSCAR, pelo auxílio nas análises estatísticas.

A bibliotecária Sra. Marília R. Garcia Henyei, pelo auxílio na revisão.

A técnica Lucia Cristina pela ajuda nas análises.

Aos meus amigos Simone e Luís Gustavo, pela amizade e ensinamentos.

Aos meus amigos Suzan, Anaíle, Lucas, Juliana, Raquel, Luís e Manoel pelo carinho, ajuda e amizade.

Aos Laboratórios de Radioisótopos, Amiláceos e Pescado por disponibilizarem o espaço e equipamentos para realização das análises; especialmente aos técnicos Carlota Boralli, Cleomar Carvalho e Cláudio Luís Gonzaga pelo apoio científico, sempre dispostos em ajudar.

Aos meus amigos do programa de pós-graduação, Aline, Juliana, Gianni, Diogo e André.

A Comissão Nacional de Energia Nuclear pelo auxílio financeiro.

A todos que contribuíram direta e indiretamente para a realização deste trabalho.

RESUMO

LIMA, D. C. **Efeitos da irradiação nas propriedades físico-químicas do feijão carioca**. 2016. 69 p. Dissertação (Mestrado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.

O feijão é um importante alimento na dieta alimentar do brasileiro. A cada colheita ocorrem perdas dos grãos de feijão devido ao ataque de insetos e roedores. Uma das maneiras de se preservar os grãos de feijão, mantendo suas características nutricionais, é o uso da radiação gama. O objetivo do trabalho é avaliar os efeitos de diferentes doses da radiação gama nas propriedades físico-químicas do feijão carioca submetido à cocção e que sofreu ou não o processo de maceração. Partes dos feijões cariocas crus foram utilizadas como controle e outra parte foram submetidos à radiação ionizante com doses de 1, 5 e 10 kGy. Após a irradiação uma parcela das amostras (controle e irradiadas) passou pela maceração e outra não, em seguida, todos os feijões foram cozidos. As amostras cozidas foram liofilizadas, moídas e depois acondicionadas em potes e armazenadas a temperaturas de -23°C. As análises de composição centesimal, determinação da digestibilidade proteica, teores de tanino condensado e ácido fítico foram feitas utilizando as amostras moídas. Utilizando grãos inteiros, foram feitas análises de capacidade expansão e hidratação, tempo de cocção e cor instrumental. A irradiação não alterou a composição centesimal das amostras maceradas e sem macerar. Os teores de taninos condensados não reduziram conforme o aumento das doses. As concentrações de ácido fítico foram reduzidas nas doses de 5 e 10 kGy, para amostras maceradas, enquanto que para os feijões sem macerar, a irradiação gama não influenciou nos teores de fitatos. Ocorreu diminuição da digestibilidade proteica, nas amostras maceradas, a partir dose de 1 kGy, e as demais doses a redução não foi significativa. Já para os feijões sem macerar, houve aumento da digestibilidade, na dose de 10 kGy. Conforme o aumento das doses foi observado redução nos tempos de cocção dos feijões macerados e sem macerar. Na dose de 10 kGy, a capacidade de expansão do feijão aumentou. A coloração das amostras não modificou significativamente conforme o aumento das doses. Desta forma conclui-se que a radiação ionizante não influencia na composição centesimal e nos teores de taninos. A irradiação influenciou nos teores de ácido fítico em altas doses aplicadas, mas somente nas amostras maceradas, além de atenuar a digestibilidade proteica de feijões macerados. Reduz os tempos de cocção. Eleva a capacidade de expansão do feijão na dose de 10 kGy, porém não altera a coloração do feijão, conforme o aumento das doses.

Palavras-chave: Feijão carioca. Maceração. Radiação ionizante. Cozimento. Fatores antinutricionais.

ABSTRACT

LIMA, D. C. **Effects of irradiation on the physicochemical properties of carioca beans**. 2016. 69 p. Dissertação (Mestrado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.

The common bean is an important component in the diet of the average Brazilian person. Each harvest of beans, losses occur due to attacks of insects and rodents. One of the ways to preserve the beans, and at the same time keep its nutritional characteristics, is the use of gamma radiation. This study aimed to evaluate the effects of different doses of gamma radiation on the physical and chemical properties of the carioca variety of common beans subject to cooking of soaked and unsoaked beans. Portions of raw beans were used as control and the other was subject to ionizing radiation at doses of 1, 5 and 10 kGy. Following irradiation, a portion of the samples (control and irradiated) were soaked and the other was not, then all beans were cooked. The cooked samples were lyophilized, milled and then accommodated in pots and stored at -23°C temperatures. The analysis of chemical composition, determination of protein digestibility, condensed tannin and phytic acid content were performed using the milled samples. Using whole grains, were performed analysis of expansion capability and hydration, cooking time and instrumental color. Irradiation did not alter the chemical composition of soaked and unsoaked samples. The condensed tannin levels did not reduce according to increased doses. The phytic acid concentrations were reduced at the doses of 5 and 10 kGy for soaked samples, whereas for the not soaked beans, gamma irradiation did not influence the phytate content. The protein digestibility decreased on soaked samples, at doses of 1 kGy and in the other doses, the reduction was not significant. As for not soaked beans, increases in digestibility were observed at dose of 10 kGy. As the doses increased, reduction in cooking time on soaked and unsoaked beans was noted. At a dose of 10 kGy, the bean expansion capability increased. The samples' color did not change significantly, as the doses increased. Therefore, it is concluded that ionizing radiation has no effect on the chemical composition and tannin content. Irradiation influenced the phytates when applied in higher doses, but only in soaked samples, as well as mitigate protein digestibility on soaked beans. It reduces cooking time, raises bean expansion capability at a 10 kGy dose, but it does not change the bean color as doses increase.

Keywords: Carioca beans. Soaked. Ionizing radiation. Cooked. Antinutritional factors.

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	15
2.1. Feijão	15
2.2. Importância econômica do feijão no Brasil	16
2.3. Fatores antinutricionais	19
2.3.1. Ácido fítico	20
2.3.2. Taninos	22
2.4. Maceração.....	24
2.5. Cocção do feijão.....	25
2.6. Irradiação de alimentos	26
3. MATERIAL E MÉTODOS	31
3.1. Matéria-prima	31
3.2. Preparos das amostras	31
3.3. Composição Centesimal.....	32
3.4. Taninos condensados	33
3.5. Ácido fítico.....	33
3.6. Digestibilidade proteica <i>in vitro</i>	34
3.7. Tempo de cocção.....	35
3.8. Capacidade de hidratação, índice de hidratação, capacidade de expansão e índice de expansão	36
3.9. Determinação de cor instrumental.....	37
3.10. Delineamento experimental e análise estatística	38
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1. Composição centesimal	39
4.2. Taninos condensados	42
4.3. Ácido fítico.....	43
4.4. Digestibilidade proteica <i>in vitro</i>	46
4.5. Tempo de cocção.....	48
4.6. Capacidade de hidratação, índice de hidratação, capacidade de expansão e índice de expansão	50
4.7. Cor instrumental	52
5. CONCLUSÕES.....	55
REFERÊNCIAS	56

1. INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.) constitui um dos alimentos básicos da população brasileira, sendo o Brasil o terceiro maior produtor mundial desta leguminosa, com produção de 3,29 milhões de toneladas (FAO, 2014a).

Este é um importante alimento na dieta alimentar do brasileiro, por ser excelente fonte proteica, além de possuir grandes quantidades de lisina, baixo teor de lipídeos e sódio, carboidratos e fibras (CALHEIROS, 2008; EMBRAPA, 2005; MOURA et al., 2005; RIOS; ABREU; CORRÊA, 2003). A principal reserva de carboidratos do feijão está na forma de amido, com pequenas quantidades de mono e dissacarídeos (MOURA et al., 2005).

Apesar de o feijão possuir um potencial proteico, este contém fatores antinutricionais que são substâncias consideradas nocivas à saúde, pois podem afetar absorção de nutrientes e diminuem a digestibilidade do alimento. Os principais antinutricionais encontrados no feijão são: inibidores de tripsina, taninos e ácido fítico (BENEVIDES et al., 2011; BONNET et al., 2007; MARTINEZ, 2011).

A cada colheita ocorrem perdas dos grãos de feijão devido ao ataque de insetos e roedores, como também alterações físico-químicas, ocasionando transformações estruturais de seus componentes tornando-os não adequados para o consumo (MOURA et al., 2005).

Uma das maneiras de se preservar os grãos de feijão, mantendo suas características nutricionais, é o uso da radiação gama, pois, de acordo com Chung e Liu (2010), a radiação gama é um processo iônico e não térmico utilizado para estender o prazo de validade dos alimentos, reduzindo a deterioração e o número de microrganismos patogênicos.

O processo de irradiação dos feijões é uma alternativa atrativa e saudável, quando comparada aos tratamentos químicos (exemplo: metil e brometo), além do custo benefício da irradiação comercial mostrar ser competitivo com outros métodos de fumigação e outros tratamentos físicos e térmicos (BRIGIDE, 2002).

No entanto, a irradiação pode causar alterações no alimento, sendo estas: a mudança de sabor (decorrente dos radicais livres); alteração na cor; quebra de proteínas, de amido e da celulose, redução de fatores antinutricionais e ainda pode provocar oxidação das gorduras (COUTO; SANTIAGO, 2010; MARTINEZ, 2011).

Mesmo causando algumas alterações, a irradiação em alimentos é uma boa opção de conservação, entretanto a aplicação comercial desta depende da aceitação dos consumidores, que confundem o termo “irradiação” com “radioatividade” (COSTA; DELIZA; ROSENTHAL, 1999; EUSTICE; BRUHN, 2006).

Desta forma, o objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos de diferentes doses da radiação gama nas propriedades físico-químicas do feijão carioca submetido à cocção e maceração.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Feijão

Algumas evidências arqueológicas, morfológicas e moleculares sugerem que o feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) surgiu nas Américas e que este evoluiu a partir do feijão selvagem, tendo sua domesticação estimada para 5.000 anos a.C., no México e no Peru, a cerca de 3.000 anos a.C. (ARAUJO, 2008; CHACÓN; PICKERSGILL; DEBOUCK, 2005; GENTRY, 1969; GRAHAM; RANALLI, 1997; SINGH; GEPTS; DEBOUCK, 1991).

O *Phaseolus vulgaris* L. é da divisão *Fanerogamae*, subdivisão *Angiospermae*, classe *Dicotyledoneae*, família *Leguminosae*, tribo *Phaseoleae*, subfamília *Papilionoideae* e é um dos legumes mais consumidos no mundo, principalmente nas seguintes regiões: América central, América do Sul, Caribe e África Central (GRAHAM; RANALLI, 1997; LUNA-VITAL et al.; 2015; MECHI; CANIATTI-BRAZACA; ARTHUR, 2005).

O gênero *Phaseolus* possui aproximadamente 55 espécies, das quais apenas cinco são cultivadas: o feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.); o feijão de lima (*P. lunatus*); o feijão Ayocote (*P. cocineus*); o feijão tepari (*P. acutifolius*); e o *P. polyanthus*, porém destas espécies citadas, o feijão comum é o mais difundido e consumido no mundo (FERREIRA, 2010).

As principais variedades de feijão cultivadas no Brasil são o feijão-preto (usado em feijoada e sopas), feijão-roxinho (saladas e sopas), feijão-fradinho (preparo do acarajé), feijão-mulatinho (algumas regiões utilizam para feijoada), feijão-branco (sopa, saladas e cozidos), feijão-jalo (saladas e sopas), feijão-rosinha (acompanhamentos), feijão-rajadinho (acompanhamentos) e feijão-carioca (variedade mais cultivada e consumida por brasileiros) (ORNELLAS, 2007).

Nutricionalmente, o feijão possui um conteúdo proteico relativamente alto e teor elevado de lisina, exercendo efeito complementar às proteínas dos cereais (RIOS et al., 2003; TOLEDO; CANNIATTI-BRAZACA, 2008).

Os grãos de feijão possuem de 20 a 35% de proteína, 1 a 20% de fibras alimentares, 60 a 65% de carboidratos e 1 a 3% de lipídeos (BRIGIDE, 2002; TOLEDO; CANNIATTI-BRAZACA, 2008). A Tabela 1 apresenta a composição centesimal do feijão carioca, no estado cru e cozido.

Apesar do alto valor proteico do feijão, sua contribuição nutricional deixa a desejar, pois suas proteínas têm baixa digestibilidade e inadequado balanço de aminoácidos essenciais, entretanto, de acordo com Mesquita et al. (2007), quando combinado com arroz, forma uma mistura de proteínas mais nutritiva, isto ocorre, pois, o feijão é pobre em aminoácido sulfurado e rico em lisina, enquanto que o arroz é pobre em lisina e rico em aminoácidos sulfurados.

Tabela 1 - Composição centesimal (g/100g) do feijão carioca, na forma cru e cozido

Componentes	Feijão Cozido	Feijão cru
Umidade (%)	80,4	14,0
Energia (kcal)	76	329
Proteína (g)	4,8	20,0
Lipídeos (g)	0,5	1,3
Carboidrato (g)	13,4	61,2
Fibra Alimentar (g)	8,5	18,4
Cinzas (g)	0,7	3,5

Fonte: TACO, 2011.

A composição do feijão possibilita benefícios à saúde, sendo indicado na prevenção e no tratamento de várias doenças como: distúrbios cardíacos, diabetes mellitus, obesidade e câncer, além de preencher as recomendações dietéticas, como: aumento do consumo de fibras, amido e outros carboidratos complexos e diminuir o consumo de lipídeos e sódio (MOURA et al., 2005).

2.2. Importância econômica do feijão no Brasil

O feijão é um produto importante na alimentação dos brasileiros, bem como para alguns países em desenvolvimento das regiões tropicais e subtropicais, com destaque para as Américas, África (leste e sul) e Ásia (EMBRAPA, 2003). Sua importância na exploração agrícola do Brasil, não é só pela área cultivada ou valor da produção, mas por ser considerada a principal fonte de proteínas para a população de menor poder aquisitivo (GERLACH et al., 2013).

De acordo com os dados da FAO (2014b), a produção de feijão, no período de 2008 a 2014, foi de 44,7% na Ásia, nas Américas 31,5%, na África 21,4% e nas demais regiões foram de 2,3%, conforme apresentado na Figura 1. No Brasil, o

feijão se encontra entre os principais grãos produzidos, com uma produção total de 1,6%, na safra 2015/2016 (Figura 2).

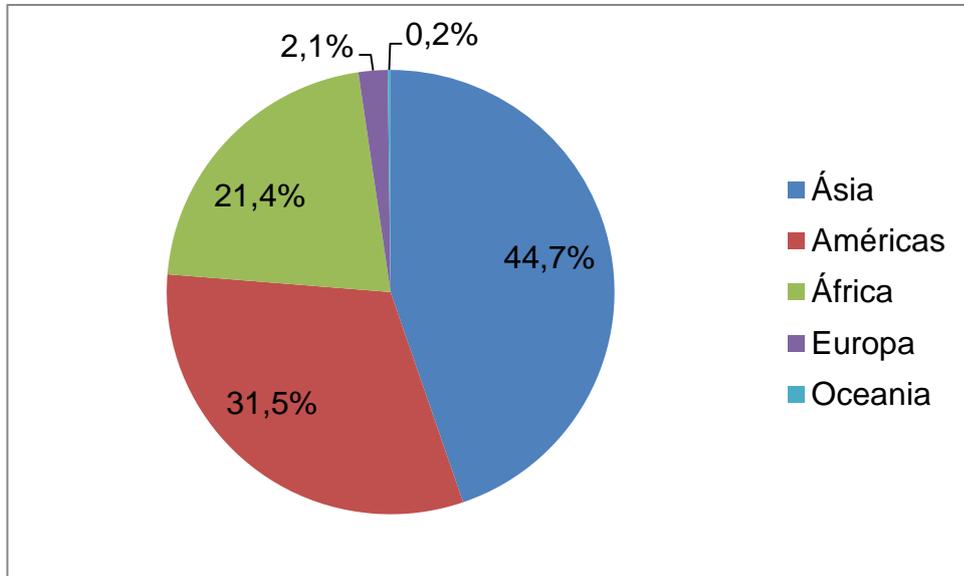


Figura 1 - Produção média de feijão por continente (2008 a 2014)
 Fonte: FAO, 2014b.

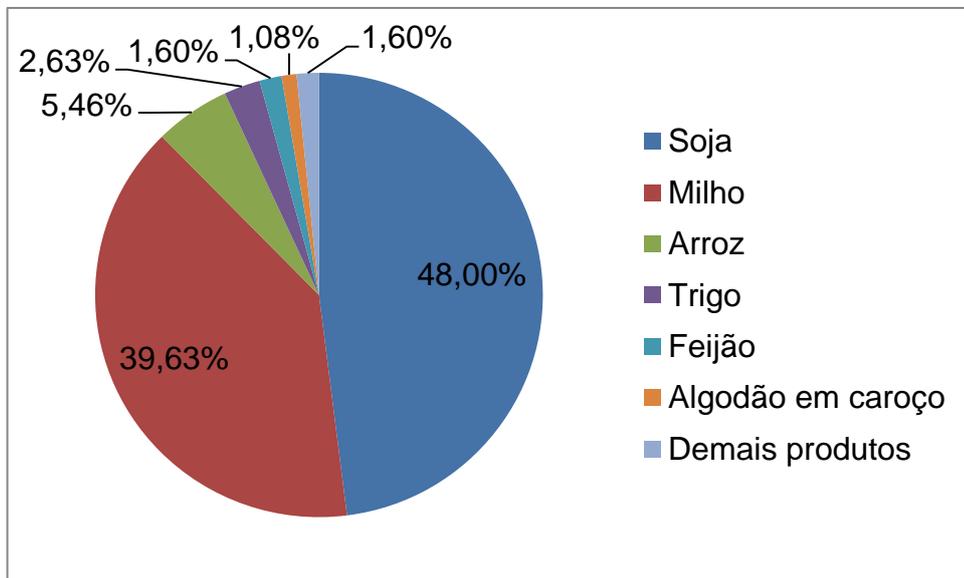


Figura 2 - Porcentagem da produção total por produto (safra 2015/2016)
 Fonte: CONAB, Levantamento: fevereiro/2016.

Conforme apresentado na Figura 3, o Brasil ocupou a posição de terceiro maior produtor de feijão em 2014, produzindo 3,3 milhões de toneladas, ficando atrás da Índia e Myanmar (FAO, 2014a).

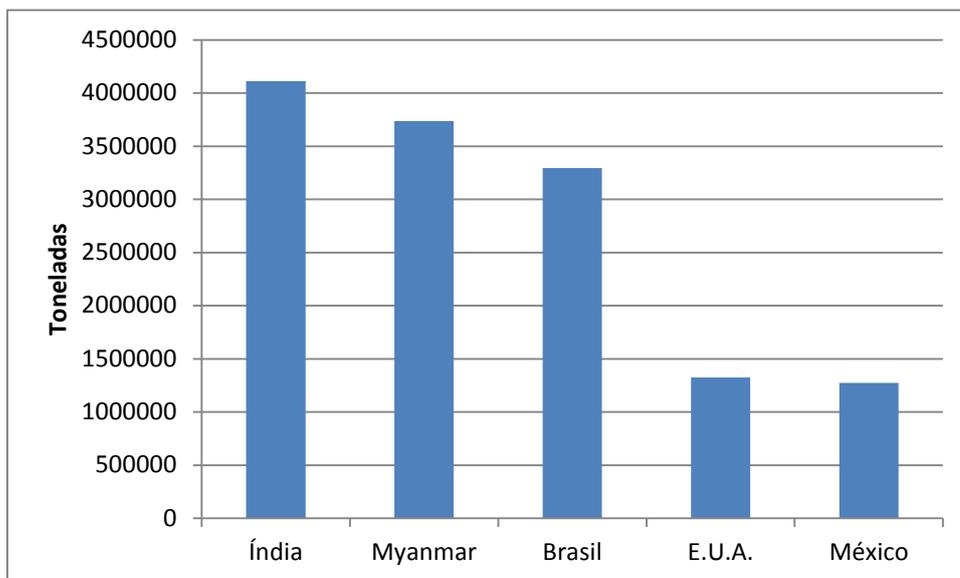


Figura 3 - Os cinco maiores produtores de feijão no mundo
Fonte: FAO, 2014a.

A produção de feijão brasileira é dividida em três safras: primeira safra (meses de dezembro a março), ou safra das águas; segunda safra (entre os meses de abril e junho), ou safrinha e a terceira safra (entre os meses de julho e outubro) (WANDER; ASSUNÇÃO, 2015). A partir da Tabela 2, verifica-se que as regiões maiores produtoras de feijão, na safra 2015/2016, foram o sul, centro-oeste e nordeste, e os estados que mais produziram foram o Paraná, Minas Gerais e Mato Grosso (CONAB, Levantamento: fevereiro 2016).

Apesar de o Brasil ser um dos maiores produtores de feijão no mundo, a produção é destinada ao consumo interno. Porém, a partir de dados das Pesquisas de Orçamentos Familiares, o consumo de feijão teve uma queda pequena, passando de 10,2 kg/per capita/ano para 9,2 kg/per capita ano (IBGE, 2010). E Segundo a Conab (fevereiro/2016), atualmente, o consumo nacional tem variado entre 3,3 e 3,6 milhões de toneladas.

Tabela 2 - Área plantada, produtividade e produção de feijão total (1ª, 2ª e 3ª safra) por estados do Brasil, das safras 2014/2015 e 2015/2106

REGIÃO/UF	ÁREA (Em mil ha)			PRODUTIVIDADE (Em kg/ha)			PRODUÇÃO (Em mil t)		
	Safra 14/15 (a)	Safra 15/16 (b)	VAR. % (b/a)	Safra 14/15 (c)	Safra 15/16 (d)	VAR. % (d/c)	Safra 14/15 (e)	Safra 15/16 (f)	VAR. % (f/e)
NORTE	88,1	82,5	(6,4)	775	802	3,5	68,4	66,3	(3,1)
RR	2,7	2,8	3,7	667	679	1,8	1,8	1,9	5,6
RO	22,0	22,0	-	723	750	3,8	15,9	16,5	3,8
AC	7,5	7,5	-	587	547	(6,8)	4,4	4,1	(6,8)
AM	5,5	5,5	-	1.018	1.127	10,7	5,6	6,2	10,7
AP	1,3	1,3	-	923	923	-	1,2	1,2	-
PA	28	28	-	761	764	0,5	21,3	21,4	0,5
TO	21,1	15,4	(27,0)	863	974	12,9	18,2	15	(17,6)
NORDESTE	1.565,30	1.556,40	(0,6)	453	509	12,4	709,2	793,0	11,8
MA	93,6	90,0	(3,8)	514	506	(1,6)	48,1	45,5	(5,4)
PI	214,4	214,8	0,2	362	494	36,6	77,6	106,2	36,9
CE	404,1	404,1	-	328	302	(8,0)	132,5	121,9	(8,0)
RN	31,6	31,6	-	332	348	4,8	10,5	11	4,8
PB	58,6	58,6	-	276	288	4,3	16,2	16,9	4,3
PE	237,3	237,3	-	360	408	13,2	85,4	96,7	13,2
AL	47,0	47,0	-	457	547	19,5	21,5	25,7	19,5
SE	31,5	31,5	-	746	737	(1,3)	23,5	23,2	(1,3)
BA	447,2	441,5	(1,3)	657	783	19,2	293,9	345,9	17,7
CENTRO-OESTE	421,1	422	0,2	1.863	1.991	6,9	784,3	840,3	7,1
MT	286,8	284,3	(0,9)	1.689	1.796	6,3	484,5	510,7	5,4
MS	17,1	15,0	(12,3)	1.608	1.667	3,6	27,5	25,0	(9,1)
GO	101,0	106,5	5,4	2.345	2.490	6,2	236,8	265,2	12
DF	16,2	16,2	-	2.191	2.432	11,0	35,5	39,4	11,0
SUDESTE	431,1	431,3	-	1.604	1.779	10,9	691,4	767,1	10,9
MG	339,0	333,6	(1,6)	1.512	1.672	10,6	512,4	557,7	8,8
ES	14,4	14,6	1,4	764	966	26,4	11,0	14,1	28,2
RJ	1,7	1,4	(17,6)	941	929	(1,3)	1,6	1,3	(18,8)
SP	76,0	81,7	7,5	2.189	2.375	8,5	166,4	194	16,6
SUL	534,4	511,4	(4,3)	1.613	1.797	11,4	862,0	918,9	6,6
PR	405,7	387,4	(4,5)	1.580	1.748	10,6	640,9	677,1	5,6
SC	72,9	64,1	(12,1)	1.812	2.136	17,9	132,1	136,9	3,6
RS	55,8	59,9	7,3	1.595	1.751	9,8	89	104,9	17,9
NO/NE	1.653,40	1.638,90	(0,9)	470	524	11,4	777,6	859,3	10,5
CENTRO-SUL	1.386,60	1.364,70	(1,6)	1.686	1.851	9,8	2.337,70	2.526,30	8,1
BRASIL	3.040,00	3.003,60	(1,2)	1.025	1.127	10,0	3.115,30	3.385,60	8,7

Fonte: CONAB, Levantamento: fevereiro/2016.

2.3. Fatores antinutricionais

Os fatores antinutricionais são compostos presentes em uma grande variedade de alimentos de origem vegetal, que ao serem consumidos, reduzem a biodisponibilidade de nutrientes nos alimentos. Estes podem reduzir a

digestibilidade, absorção ou utilização de nutrientes e, se ingeridos em altas concentrações, podem causar danos à saúde, como, irritações e lesões da mucosa gastrointestinal (BENEVIDES et al., 2011).

Em feijões, os antinutricionais causam efeitos indesejáveis a nutrição humana e animal. Os principais fatores antinutricionais encontrados no feijão são: taninos condensados, flavonoides, compostos fenólicos, inibidor de tripsina, lectinas e ácido fítico (ALONSO; AGUIRRE; MARZO, 2000; BONNET et al., 2007; REDDY et al.; 1985; MARTINEZ, 2011).

2.3.1. Ácido fítico

O ácido fítico ou myo-inositol hexafosfato (IP⁶) é um composto antinutricional de ocorrência natural, formados durante o processo de maturação de sementes, grãos de cereais (trigo e arroz), e nas leguminosas (feijão, ervilha e lentilha), podendo ser encontrado em algumas nozes, além de ser a principal forma de armazenamento do fósforo (GIBSON et al., 2010; PEREIRA, 2010; DANELUTI, 2011; CHIOCHETTI, 2013).

As principais funções do ácido fítico em sementes são o armazenamento de fosfatos, como fonte de energia, e como antioxidante para a germinação da semente (RABOY, 2003). Ele dá suporte ao crescimento de mudas, pois supre as necessidades de biossíntese dos tecidos em crescimento. Mudas jovens utilizam os produtos finais da hidrólise do ácido fítico, particularmente de myo-inositol, para a formação da parede celular (OATWAT; VASANTHAN; HELM, 2001).

Além de ser chamado de ácido fítico, este composto também é comumente denominado de fitato (KUMAR et al., 2010; MAGA, 1982). O fitato é o complexo de sais de ácido fítico, com os minerais potássio e magnésio, enquanto que o ácido fítico é a forma livre de IP⁶ (MAGA, 1982; PEREIRA, 2010).

Durante a estocagem, fermentação, germinação, processamento e digestão dos grãos e sementes, o ácido fítico é parcialmente desfosforilado produzindo pentafofato (IP⁵), tetrafofato (IP⁴), trifosfato (IP³), difosfato (IP²) e monofosfato (IP¹), por ação de fitases endógenas (BENEVIDES et al., 2011).

Nas sementes de leguminosas, o ácido fítico contém cerca de 70% do conteúdo de fosfato, e este se localiza predominantemente, nos corpos proteicos do endosperma ou no cotilédone (DANELUTI, 2011; SCHLEMMER et al., 2009).

De acordo com Schlemmer et al. (2009), na semente toda, o teor de ácido fítico varia de 0,2 a 2,9% e é mais elevado nos cotilédones.

Nos cereais, o fitato está localizado na camada de aleurona e no germe, enquanto o endosperma é praticamente isento deste composto. Cerca de 80% de fitato está localizado na camada de aleurona dos pequenos grãos, o que representa cerca de 20% do peso seco deste tecido e demonstra o enorme reservatório de fitato que podem ser armazenados em tecidos especiais (O'DELL; BOLAND; KOIRTYOHANN, 1972). De acordo com Bonett et al. (2007), a quantidade de ácido fítico presente em cereais pode alcançar uma quantidade de 3 a 6%.

Apesar de o ácido fítico ser utilizado como fonte de armazenamento de fósforo, a presença deste composto na dieta humana tem um efeito negativo sobre a absorção de minerais, este efeito está associado ao IP⁵ e IP⁶ (MARTINEZ, 2011). Segundo Kumar et al. (2010), os principais minerais afetados pelo ácido fítico são: o zinco, o ferro, o cálcio, magnésio, manganês e cobre.

Além de formar complexos com minerais, o ácido fítico é capaz de formar complexos fortes com algumas proteínas e resiste à proteólise e, estes complexos formados podem afetar as estruturas das proteínas, dificultando a atividade enzimática, a solubilidade da proteína e digestibilidade da proteína (HARLAND; MORRIS, 1995; KUMAR et al., 2010).

A ingestão de fitato também é capaz de reduzir a resposta da glicose no sangue, isto ocorre, pois a formação de complexos de fitato com carboidratos em alimentos reduz a sua solubilidade, afeta negativamente a digestibilidade e absorção de glicose. O fitato pode ligar-se com o amido, quer diretamente, através de ligações de hidrogênio, ou indiretamente através de proteínas associadas com amido (KUMAR et al., 2010; NAVES, 2012).

Para reduzir o teor de ácido fítico em alimentos podem ser aplicadas diversas técnicas de processamento, tais como a maceração, a germinação, maltagem, cozimento, tratamento hidrotérmico e de fermentação, resultam na desfosforilação do fitato em alimentos (BONETT et al.; 2007; KUMAR et al., 2010).

Segundo Kurma et al. (2010), a desfosforilação do fitato em alimentos ocorre através do aumento da atividade de enzimas fitato-degradantes em plantas e microorganismos e, durante o processamento de alimentos ou preparação, deve-se notar que o fitato não é completamente hidrolisado pelas fitases endógenos de plantas e microrganismos.

O método de maceração é comumente usado como pré-tratamento da germinação, malte, cozimento, etc. A maceração pode durar por períodos curtos (15-20 minutos) ou longos períodos (12-24 h). Em condições ideais para fitases (55 °C, pH 4,5-5,0), o fitato pode ser reduzido de forma eficaz por imersão. Como o fitato é solúvel em água, a remoção de fitato pode ser obtida, descartando a água da imersão. (SCHLEMMER et al., 2009).

O fitato durante a cocção do alimento não é facilmente degradado, mostrando-se estável durante a fervura a 100 °C por 1h (SCHLEMMER et al., 2009). Entretanto, a fitase da planta é termolábil, e a exposição prolongada a altas temperaturas pode levar a inativação de enzimas endógenas. Portanto, para melhorar a desfosforilação do fitato durante o cozimento de alimentos é recomendado à adição de fitases termoestáveis exógenas.

Outra forma de degradação do fitato é o processo de fermentação, onde ocorre a fermentação láctica, liberando ácido láctico e outros ácidos orgânicos, que reduzem o pH, favorecendo a atividade da fitase, e conseqüentemente ocorre a degradação do fitato (KURMA et al., 2010; SCHLEMMER et al., 2009).

2.3.2. Taninos

O nome “tanino” é derivado do francês “tanante” (substância de curtimento), sendo esta uma substância utilizada por povos antigos como agente para converter peles de animais em couro, por causa de sua capacidade de interagir e precipitar proteínas encontradas na pele do animal (KHANDABABAE; REE, 2001; VERSARI; TOIT; PAPPINELLO, 2013). De acordo com Chung et al. (1998), em extratos vegetais, estas substâncias existem como polifenóis de diferentes tamanhos moleculares e complexidades.

Os taninos pertencem a um grupo de compostos fenólicos provenientes do metabolismo de plantas e ocorrem em níveis elevados em vários tecidos de plantas utilizadas como alimento humano ou animal (MAKKAR, 1989; BATTESTIN; MATSUDA; MACEDO, 2004). Alguns legumes que contém taninos são: sorgo, painço, cevada, feijão, feijão-fava e ervilha. Frutas que contém uma quantidade considerável de taninos são: maçãs, bananas, amoras, cranberries, tâmaras, uvas, pêssegos, peras, caquis, ameixas, framboesas e morangos (CHUNG et al., 1998). O teor de taninos nas plantas varia de acordo com as condições geográficas e

climáticas, apresentando uma composição química variada (BATTESTIN; MATSUDA; MACEDO, 2004).

As principais características dos taninos são: massa molecular de 0,5 a 20 kDa, solubilidade em água, a presença de grupos hidroxilafenólicos, capacidade de combinação com celulose e pectina (BENEVIDES et al., 2011).

Devido à enorme diversidade estrutural dos taninos, estes possuem um sistema de classificação sistemática baseado em características estruturais específicas. Desta forma, os taninos são divididos em duas classes: taninos hidrolisáveis e taninos condensados (KHANDABABAE; REE, 2001; BARBEHENN; CONSTABEL, 2011).

Os taninos hidrolisáveis contêm um núcleo central de álcool polihídrico, como glucose e grupos hidroxil, que estão esterificados totalmente ou parcialmente pelo ácido gálico (galotaninos) ou ácido hexahidroxidifenico (elagitaninos). Após a hidrólise por ácidos, bases, ou certas enzimas, galotaninos formam glucose e ácidos biliares. O ácido hexahidroxidifenico sofre lactonização para produzir o ácido elágico (CHUNG et al., 1998).

Os taninos condensados (ou proantocianidinas) compreendem em um grupo de oligômeros polihidroxi-flavan-3-ol e polímeros conectados com subunidades de flavonóis (catequina ou epicatequina), através de ligações carbono-carbono (SCHOFIELD; MBUGUA; PELL, 2001). Os polímeros dos taninos condensados às vezes são classificados de acordo com a proporção de monômeros *cis* vs. *trans*, refletindo a proporção de epicatequina a catequina (BARBEHENN; CONSTABEL, 2011).

Alguns tipos de taninos condensados, como os pigmentos de antocianidinas são responsáveis por um vasto conjunto de nuances rosa, vermelha, violeta e azul em flores, folhas, frutos, sucos e vinhos (BATTESTIN; MATSUDA; MACEDO, 2004).

A presença de taninos em alimentos é responsável pela adstringência de muitos frutos e produtos vegetais, devido à precipitação de glucoproteínas salivares, o que ocasiona a perda do poder lubrificante (MONTEIRO; ALBUQUERQUE; ARAÚJO, 2005). Além desta característica, os taninos também são considerados como antinutricionais por causa do efeito adverso na digestibilidade de proteína, minerais, carboidratos e diminuição da atividade de enzimas digestivas (BENEVIDES et al., 2011).

De acordo com Kraus, Dahlgren e Zasoski (2003), os taninos, assim como lignina e outros polifenóis, são resistentes à decomposição. Alguns fungos de podridão branca (por exemplo, *Sporotrichum pulverulentum*, *Ceriporiopsis subvermispora*, *Cyathus steroreus*, *Corioloropsis gallica*) e os gêneros *Aspergillus*, *Fusarium*, *Cylindrocarpon*, *Gliocladium*, *Endothia*, *Calvatia*, *Penicillium* e *Trichoderma* são capazes de decompor taninos (KRAUS; DAHLGREN; ZASOSKI, 2003; GAMBLE et al., 1996). Os taninos hidrolisáveis são mais suscetíveis ao ataque microbiano do que os taninos condensados.

2.4. Maceração

A maceração do feijão, popularmente conhecido como, “remolho”, “demolhar” ou “colocar de molho”, é um processo prévio a cocção que visa amolecer o feijão e reduzir o tempo de cozimento (OLIVEIRA et al., 2008; AFONSO, 2010). A redução do tempo de cocção ocorre, pois, a maceração fornece a água necessária para a gelatinização do amido e a desnaturação das proteínas durante o cozimento (ZAMINDAR et al., 2011; ZANELLA-DÍAZ et al., 2014).

Para o preparo domiciliar do feijão, a maceração dos grãos crus é feita em água e estes são deixados em repouso, à temperatura ambiente, por um período que pode variar de 12 a 24 horas (ABU-GHANNAM; MCKENNA, 1997). Em algumas famílias, a maceração não é utilizada, enquanto que outras descartam a água do remolho ou reutilizam a água para cocção do feijão (OLIVEIRA et al., 1999).

Além de reduzir o tempo de cocção, a maceração visa reduzir antinutricionais presentes no feijão, tais como inibidores de proteases, lectinas, taninos, fitatos. O remolho é também utilizado para reduzir o teor de oligossacarídeos (rafinose, estaquiose e verbascose), que não são substâncias digeridas pelo organismo humano, devido à ausência da enzima α -galactosidase, que é necessária para a hidrólise do α -1,6 galactosídeo (substância responsável pela ligação dos oligossacarídeos). Esta substância sofre fermentação e ocasiona o meteorismo e flatulência no indivíduo (IYER et al., 1980; OLIVEIRA et al., 1999; OBOH et al., 2000; FERNANDES; SOUZA; NAVES, 2011).

O processo de maceração é por unanimidade recomendado por cientistas, porém não existe um consenso sobre o descarte ou não da água de maceração. Alguns autores recomendam o descarte da água de remolho visando eliminar os

fatores antinutricionais, outros afirmam que estas substâncias são benéficas para a prevenção de doenças, desta forma, para estes a água de maceração não deve ser descartada (OLIVEIRA et al., 1999; JANGCHUD; BUNNAG, 2001; FERNANDES; NISHIDA; PROENÇA, 2010).

Entretanto, independentemente do feijão ser cozido com a água de remolho ou não, a maceração ocasiona grande perda de sólidos totais. O baixo conteúdo de minerais e vitaminas pode ocorrer não só por lixiviação, mas também pelos antinutricionais presentes no feijão (FERNANDES; NISHIDA; PROENÇA, 2010).

2.5. Cocção do feijão

A cocção do feijão é feita por meio do uso de calor úmido, tal processo ocasiona no aumento de tamanho dos grãos, promove o desenvolvimento de sabor e textura adequados para o consumo, e de acordo com Barampama e Simard (1995), o cozimento é capaz de inativar fatores antinutricionais. No entanto, tempos prolongados de cocção causam perdas de minerais, vitaminas e proteínas (RAMÍREZ-CÁRDENAS; LEONEL; COSTA, 2008).

No Brasil, o feijão é consumido com caldo e a quantidade de água utilizada para o cozimento é em média três volumes para cocção em panela comum e dois volumes quando a cocção é feita em panela de pressão, estes valores são para o feijão já macerado (CROWFORD, 1985; ORNELLAS, 2007).

O tempo em que o feijão leva para cozinhar está relacionado com a capacidade dos grãos em absorver água antes da cocção, que ocorre devido à impermeabilidade do tegumento do feijão, o que pode ocasionar em uma hidratação mais lenta durante o cozimento (RODRIGUES et al., 2005; COELHO et al., 2007).

A qualidade para o cozimento do feijão se refere ao tempo necessário para que este atinja uma textura aceitável para o consumo. Esta qualidade para o cozimento depende de diversos fatores, como a natureza do cultivar, o tempo de armazenamento, as condições de estocagem dos grãos, o modo de preparo e a presença e a natureza de sais e pH da água de cocção (LEMOS et al., 1996).

Um tempo de armazenamento prolongado, reflete no grau de dureza dos grãos em decorrência do decréscimo da qualidade fisiológica, causando mudanças do sabor, endurecimento do tegumento, aumento do grau de dureza do grão e

resistência à cocção (MORAIS et al., 2010). Desta forma é recomendável que seja oferecido ao consumidor, grão de feijão de colheita mais recente.

A elevada resistência à cocção, responsável pela perda da qualidade do cozimento, ocorre devido à perda de peso e ao consumo de energia pelo processo respiratório, pela presença de rachaduras e pelo ataque de insetos e de fungos. Quando o feijão é armazenado em condições não apropriadas, torna-se endurecido e resistente ao cozimento devido a diferentes processos: “hardshell” e “hard-to-cook” (OLIVEIRA et al., 2011).

O termo “hardshell” se refere ao desenvolvimento de casca dura em sementes, que impede a reidratação dos grãos, este fenômeno é favorecido por uma baixa umidade relativa na atmosfera de armazenamento e um alto conteúdo de umidade no grão (RIOS; ABREU; CORRÊA, 2003). A expressão “hard-to-cook” é utilizada para caracterizar a condição na qual os grãos requerem um aumento do tempo de cozimento para amolecer ou não, mesmo depois de cozimento prolongado em água em ebulição, este fenômeno ocorre se o armazenamento das sementes for à alta temperatura e alta umidade relativa do ar (RIOS; ABREU; CORRÊA, 2003; RIBEIRO et al., 2007; COELHO et al., 2009).

2.6. Irradiação de alimentos

A crescente preocupação do mercado consumidor por produtos de alta qualidade demonstra a necessidade da utilização de tecnologias, que propiciem seguridade microbiológica na produção, aumentando sua vida útil, e que ainda proporcionem mínimas alterações na qualidade nutricional e sensorial dos alimentos. Estas tecnologias visam diminuir as perdas de componentes termossensíveis, responsáveis por estas qualidades sensoriais e nutricionais (COSTA; DELIZA; ROSENTHAL, 1999).

O uso de métodos térmicos em alimentos são formas eficientes de se promover a estabilidade dos mesmos, entretanto, podem causar alterações sensoriais e nutricionais indesejáveis, dificultando a aceitação dos consumidores. Visando uma melhor qualidade sensorial e nutricional de alimentos, surgiram tratamentos não térmicos, objetivando a obtenção de produtos seguros e a conservação do sabor, cor, aroma, textura e nutrientes (LIMA FILHO et al., 2012).

Dentre os tratamentos não térmicos, a irradiação pode ser uma alternativa, quando se procura conservação e desinfestação de insetos dos alimentos. A potencial aplicação da irradiação em alimentos baseia-se no fato desta danificar eficazmente o DNA, de modo que as células vivas tornam-se inativas, portanto, microrganismos, gametas de inseto e meristemas de plantas são impedidos de se reproduzirem, o que resulta na conservação do alimento em função da dose de radiação absorvida (FARKAS, 2006).

A irradiação dos alimentos é uma tecnologia antiga e foi inicialmente utilizada pelos cientistas britânicos em 1905 e foi regulamentado pelo *Food and Drug Administration* (FDA) desde 1963, para farinha de trigo e trigo destinado à alimentação humana (ORNELLAS et al., 2006; NUNES et al., 2014). Nas décadas de 80 e 90, novas regulamentações surgiram visando estender a utilização da irradiação em outros alimentos (ORNELLAS et al., 2006).

A irradiação consiste na exposição de um dado material de origem vegetal ou animal à radiação ionizante (raios alfas, beta, gama, raios X ou feixes de elétrons), proveniente tanto de uma máquina de feixes de elétrons como de fontes radioativas, onde os raios emitidos são absorvidos pelos constituintes do material (vegetal ou animal) com as quais entram em contato (CLELAND, 2006; SILVA; ROZA, 2010; NUNES et al., 2014).

A dose de irradiação, expressa em kilograys (kGy), é uma função da energia da fonte de radiação e do tempo de exposição. Um gray é igual a um joule de absorção e de energia por quilograma de um material. A unidade gray pode ser usada para qualquer tipo de radiação, entretanto não descreve os efeitos biológicos das diferentes radiações (MAHAPATRA; MUTHUKUMARAPPAN; JULSON, 2005).

As fontes mais utilizadas de raios gama, aplicados em alimentos, são o radioisótopo Cobalto-60 ou o Césio-137 (FARKAS, 1998). Quando doses controladas de radiação são administradas, as alterações nas características nutricionais e sensoriais do alimento são mínimas (LIMA FILHO et al., 2012).

Segundo Nunes et al. (2014), as doses de radiação de alimentos irradiados são organizadas em três categorias: baixas (menores que 1 kGy), médias (1-10 kGy) e altas doses (maiores que 10 kGy).

As baixas doses de radiação (menores que 1 kGy) são utilizadas em alimentos para inibir a germinação (batatas e cebolas), desinfestação de insetos (grãos e frutas) e retardar o processo de amadurecimento e deterioração (frutas e hortaliças) (KILCAST, 1995; COUTO; SANTIAGO, 2010).

As doses médias de radiação (1-10 kGy) são utilizadas para redução de bactérias, fungos e leveduras, promovendo a extensão da vida de prateleira do alimento (MOSTAFAVI et al., 2010).

As altas doses de radiação (maiores que 10 kGy) são usadas por produzir um efeito similar ao da esterilização, permitindo a eliminação de populações de microrganismos que promovem a decomposição dos alimentos (COUTO; SANTIAGO, 2010).

Para que o tratamento de irradiação seja eficiente sobre os microrganismos, depende de vários fatores como: número de microrganismos (a quantidade de microrganismos influencia na dose de irradiação exigida), composição do alimento (microrganismos em meios ricos em proteínas são mais resistentes do que em solução tampão), presença ou ausência de oxigênio (a presença de oxigênio torna os microrganismos menos resistentes à radiação) e estado físico dos alimentos (LIMA FILHO et al., 2012).

A Tabela 3 apresenta as aplicações das doses de radiação nos alimentos.

Tabela 3 - Principais aplicações e requisitos gerais de dose de radiação de alimentos

Aplicação	Dose requerida (kGy)
Inibição de germinação	0,03 - 0,12
Desinfestação de insetos	0,2 - 0,8
Desinfestação de parasitas	0,1 - 3,0
Extensão de vida de prateleira	0,5 - 3,0
Eliminação de bactérias patogênicas não formadoras de esporos	1,5 - 7,0
Redução na população microbiana em ingredientes alimentícios secos	3,0 - 20,0
Produção de carne, aves e produtos de pesca, estáveis durante a armazenagem à temperatura ambiente	25,0 - 60,0

Fonte: FARKAS; MOHÁCSI-FARKAS, 2011.

A principal vantagem do uso da irradiação em alimentos, em doses recomendadas, é que esta causa pequenas mudanças nos componentes do alimento. De acordo com Lacroix e Ouattara (2000), irradiação de alimentos em doses de até 10 kGy não apresentam problemas nutricionais.

O International Consultative Group on Food Irradiation (IAEA, 2002) recomenda doses limites de radiação para cada tipo de alimento, estas doses levam em consideração as propriedades funcionais e sensoriais do produto. Na Tabela 4 é possível verificar as doses limites para cada categoria de alimento e suas aplicações.

No Brasil, a irradiação comercial de alimentos está autorizada desde 1973 (COUTO; SANTIAGO, 2010) e atualmente as normas do uso desta tecnologia estão descritas na Resolução nº 21 (ANVISA, 2001), segundo a qual, não há restrição dos alimentos que podem ser irradiados desde que sejam observados os limites mínimos e máximos da dosagem aplicada de forma que não comprometa as propriedades funcionais ou atributos sensoriais do alimento.

Todavia, o Codex Alimentarius (2003) estabelece que a irradiação de qualquer alimento deva ter uma dose mínima suficiente para alcançar o propósito tecnológico que não comprometa a segurança do consumidor, a salubridade ou afetar negativamente a integridade estrutural, propriedade funcionais ou atributos sensoriais e o valor máximo de dose não deve ultrapassar 10 kGy, exceto quando é necessário atingir um objetivo tecnológico legal.

Tabela 4 - Doses limites de radiação para diferentes categorias de alimento

Categorias de alimento	Aplicação	Dose máxima (kGy)
Categoria 1: Bulbos, raízes e tubérculos	Inibir o brotamento durante o armazenamento	0,2
Categoria 2: Frutas frescas e vegetais (diferentes da Categoria 1)	Retardar o amadurecimento	1,0
	Desinfestação de insetos	1,0
	Aumentar o Shelf-life	2,5
	Controle de quarentena	1,0
Categoria 3: Cereais e seus produtos de moagem, castanhas, sementes oleaginosas, leguminosas, frutas secas	Desinfestação de insetos	1,0
	Redução da carga microbiana	5,0
Categoria 4: Pescados, frutos do mar e seus produtos (frescos ou congelados)	Redução de microrganismos patogênicos	3,0
	Controle de contaminação por parasitas	2,0
Categoria 5: Carne bovina, carne de aves cruas e seus produtos (frescos ou congelados)	Redução de microrganismos patogênicos	7,0
	Aumentar o Shelf-life	3,0
	Controle de contaminação por parasitas	2,0
Categoria 6: Legumes desidratados, temperos, condimentos, ração animal, ervas desidratadas e chá de ervas	Redução de microrganismos patogênicos	10,0
	Desinfestação de insetos	1,0
Categoria 7: Alimentos de origem animal desidratados	Desinfestação de insetos	1,0
	Controle de bolor	3,0
Categoria 8: Alimentos variados, incluindo, mel, alimentos espaciais, alimentos hospitalares, rações militares, ovo líquido e agentes espessantes	Redução de microrganismos patogênicos	> 10,0
	Esterilização	> 10,0
	Controle de quarentena	> 10,0

Fonte: IAEA, 2002.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram desenvolvidos no Laboratório de Radiobiologia e Ambiente do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP). As análises determinação de lipídeos foram realizadas no Laboratório de Pescados, do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP). A liofilização das amostras foi realizada na FATEC e no CENA.

3.1. Matéria-prima

A matéria-prima utilizada para o experimento foi o feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) da variedade carioca, cultivar IAPAR 81, da primeira safra (colhido em março de 2015), obtidos de produtores do interior do Paraná, na região de Pitanga. Os grãos foram irradiados pelo IPEN (Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares) e submetidos às doses de radiação de 1; 5 e 10 kGy, utilizando raios gama, provenientes de uma fonte de Cobalto 60, tipo Multiproposito, sob uma taxa de dose de 7,5 kGy/hora. Uma amostra controle (não irradiada), considerada dose 0, foi utilizada para comparação com os tratamentos das amostras irradiadas.

3.2. Preparos das amostras

Os feijões antes de serem embalados foram selecionados da seguinte forma: os grãos que apresentaram rachaduras, quebrados, ausência de casca, coloração escura, casca enrugada e pontos pretos foram eliminados. Selecionados os feijões, estes foram separados em porções de 500g, em sacos de polietileno, e submetidos às doses de radiação de 0 (controle); 1; 5 e 10 kGy. Após o processo de irradiação as amostras foram cozidas e posteriormente foram feitas as análises.

Para o processo de cocção, os grãos foram colocados em maceração em água destilada na proporção de 1:3 por um período de 24 horas, após esta etapa a água de maceração foi descartada e os grãos foram colocados em água destilada na proporção de 1:2 por sete minutos a 121°C para a cocção, em autoclave, de acordo com a metodologia proposta por Molina et al. (1975). Parte das amostras

não passou pelo processo de maceração, entretanto, o processo de cocção foi o mesmo descrito acima.

Após a cocção, as amostras foram congeladas a -80°C e secas em liofilizador por um período de 72 horas. O material seco foi triturado em moinho de facas Retsch, modelo GM200, obtendo-se a farinha utilizada para as análises. A farinha obtida foi armazenada em potes e mantida em temperatura de -23°C .

3.3. Composição Centesimal

A composição centesimal dos grãos de feijão foi avaliada visando sua caracterização. Os teores de umidade, proteína bruta, extrato etéreo e cinzas foram avaliados segundo os métodos descritos pela AOAC (2005). Os teores de carboidratos foram obtidos por diferença $100\% - (\% \text{ umidade} + \% \text{ proteína} + \% \text{ extrato etéreo} + \% \text{ cinza})$.

A umidade foi determinada utilizando o método gravimétrico que se baseia na evaporação da água presente na amostra, pela ação do calor. Para a determinação da umidade, foi pesado 1 g de amostra em cadinhos de porcelana e estes foram colocados em estufa por 24 horas, a 105°C , até peso constante. Posteriormente, os cadinhos, contendo a amostra seca, foram pesados e o resultado foi obtido por diferença entre a massa antes e depois da secagem.

O teor de proteínas foi determinado utilizando o método de micro-Kjeldahl, que se baseia na decomposição da matéria orgânica da amostra pela solução digestora, de forma que o nitrogênio resultante é determinado após a destilação por arraste a vapor, seguido de titulação com ácido sulfúrico diluído. Desta forma, foram pesados 0,1 g de amostra e esta foi digerida com solução digestora (ácido sulfúrico com uma mistura de selenito de sódio, sulfato de cobre e sulfato de sódio) em bloco digestor por 4 horas. Após a digestão das amostras, estas foram destiladas por meio da adição de NaOH 11 N e foram recolhidas em solução de ácido bórico. Em seguida, a solução recolhida foi titulada com ácido sulfúrico 0,02 N, visando à quantificação do teor de nitrogênio. A proteína bruta é quantificada através da multiplicação do valor do nitrogênio total por um fator (6,25) que converte nitrogênio total em proteína.

A cinza foi determinada por meio de incineração de 1 g de amostra em mufla à temperatura de 550 °C por 4 horas. Em seguida, as amostras foram pesadas e o teor de cinzas foi determinado por diferença.

O teor de lipídeos foi determinado utilizando o extrator de Soxhlet. Para extração foram pesados 1 g de amostra em papel filtro e foi utilizado como solvente o hexano à temperatura de 60°C em fluxo contínuo por 4 horas. Recuperado o hexano, os tubos foram retirados e colocados em estufa por 30 minutos a 105°C, após esfriar em dissecador, os tubos foram pesados e o teor de lipídeos foi determinado pela diferença de peso do tubo.

3.4. Taninos condensados

A quantificação de taninos foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Price, Hagerman e Butler (1980), por meio da extração destes com metanol e reação colorimétrica com uma solução de vanilina 1% (em metanol) com HCl 8% (em metanol). De acordo com Schofield, Mbugua e Pell (2001), a vanilina age com os taninos condensados, formando um complexo colorido e o HCl é utilizado para catalisar a reação.

Desta forma, pesou-se 0,6 g de amostra de feijão cozido moído, para cada dose de radiação. Para a extração dos taninos, adicionou-se 10 mL de metanol, cobrindo as amostras com papel alumínio. Em seguida, as amostras foram agitadas por 20 minutos e posteriormente centrifugadas por 20 minutos a 4000rpm. O sobrenadante das amostras centrifugadas foi acertado em balão volumétrico de 10 mL. Foram extraídas alíquotas de 1 mL do volume acertado, para adicioná-los com 5 mL da solução de vanilina com HCl 1:1 em tubos de ensaio. Os tubos foram cobertos com papel alumínio e agitados por 20 minutos em banho-maria a 30°C. A leitura das absorbâncias foi realizada a 500 nm em espectrofotômetro Femto modelo 700 Plus. Para a construção da curva padrão foi utilizada catequina e os resultados foram expressos em mg de catequina equivalente/g de amostra.

3.5. Ácido fítico

O teor de ácido fítico nas amostras de feijão foi determinado segundo o método descrito por Grynspan e Cheryan (1989).

A fim de determinar o teor de ácido fítico, porções analíticas de 0,5g de amostra foram digeridas em 10 mL de solução de HCl 0,65 N, e estas foram agitadas manualmente com bastão de vidro de 10 em 10 minutos, por um período de 1 hora. Em seguida, as amostras foram centrifugadas por 10 minutos a 3000 rpm. Posteriormente, foram extraídos 2 mL do sobrenadante, para que este fosse diluído em água destilada em balão volumétrico de 25 mL.

Na sequência, 10 mL da solução do balão foi colocada em uma bureta preparada com resina de troca aniônica (Amberlite IRA 410), desta forma, a solução eluiu através da resina, posteriormente o eluído formado foi descartado. Em seguida, 15 mL de solução de NaCl 0,1 M foram adicionados à bureta e o eluído formado foi descartado. Após esta etapa, foram adicionados à bureta 15 mL de NaCl 0,7 M para eluir o ácido fítico da resina, o eluído formado foi recolhido em béquer. A velocidade para todas as eluições foi de uma gota por segundo. A partir do eluído recolhido no béquer, 5 mL foram transferidos para tubo de ensaio e adicionou-se 1mL de reagente de Wade, posteriormente o tubo foi agitado e deixado em repouso por 15 minutos.

Após o repouso, foi realizada a leitura da absorbância a 500 nm em espectrofotômetro Femto modelo 700 Plus. A concentração de ácido fítico foi obtida a partir da construção de curva padrão e, utilizando uma solução de ácido fítico padrão, os resultados foram expressos em mg de ácido fítico/g de amostra.

3.6. Digestibilidade proteica *in vitro*

A digestibilidade proteica *in vitro* foi determinada conforme a metodologia proposta por Akesson e Stahman (1964).

Foram pesados 1,5g de amostra e esta foi misturada com solução de pepsina numa concentração de 3 mg/mL em HCl 0,1 N e deixado em banho-maria com agitação à 37 °C por 3 horas. Posteriormente, as amostras foram neutralizadas com NaOH 0,1 N e foi adicionada solução de pancreatina a concentração de 40 mg/mL em tampão fosfato 0,1 M à pH 8,0, em seguida, as amostras foram colocadas em banho-maria sob agitação à 37 °C por 24 horas. Após este período, foram extraídos 2 mL de amostra e colocados em tubos de centrifuga, e nestes foram adicionados 10 mL de ácido pícrico a 1%. Em seguida, as amostras foram centrifugadas

por 30 minutos a 4000 rpm. A partir do sobrenadante foi determinado o nitrogênio através do método de micro-Kjeldahl.

3.7. Tempo de cocção

O tempo de cocção foi determinado de acordo com a metodologia proposta por Reyes-Moreno et al. (1994).

Parte das amostras de feijão passou pelo processo de maceração por 24 horas, passado este processo, a água de maceração foi descartada. Outra porção das amostras não passou pelo processo de maceração, entretanto, estas amostras seguiram o mesmo procedimento para determinar o tempo de cocção.

Foram selecionados ao acaso 25 grãos de feijão para determinar o tempo de cocção e este foi medido pelo uso do equipamento de cocção de Mattson (Figura 4).



Figura 4 - Aparelho de Mattson com amostras dentro do béquer

Para medir o tempo de cocção, o aparelho de Mattson (acrescidos com as amostras) foi colocado em um béquer de 4 L e em seguida foram adicionados 750 mL de água destilada. O período inicial de cocção foi marcado após iniciar a fervura da água e o tempo ótimo foi definido como o tempo necessário para que 13 hastes, das 25 hastes do aparelho, perfurassem os grãos.

3.8. Capacidade de hidratação, índice de hidratação, capacidade de expansão e índice de expansão

A capacidade de hidratação, índice de hidratação, capacidade de expansão e índice de expansão foram estabelecidas conforme a metodologia descrita por Seena e Sridhar (2005).

A fim de determinar a capacidade de hidratação foi pesado cerca de 10g de amostra e contabilizado o número de grãos. Em seguida, as amostras foram transferidas para béqueres contendo 100 mL de água destilada, para serem maceradas por 24 horas. Após este período, a água de maceração foi descartada e os grãos de feijão foram secos em papel absorvente, para em seguida realizar a pesagem dos mesmos. Os valores da capacidade de hidratação e o índice de hidratação foram calculados conforme as equações (1) e (2), respectivamente.

$$\text{Capacidade de Hidratação (g/semente)} = \frac{P_2 - P_1}{N} \quad (1)$$

Onde,

P_1 = peso dos grãos antes da maceração

P_2 = peso dos grãos depois da maceração

N = número de sementes

$$\text{Índice de Hidratação} = \frac{\text{Capacidade de Hidratação}}{\text{Peso de uma semente}} \quad (2)$$

Para a determinação da capacidade de expansão foram pesados 10g de feijão e o número de grãos foi contabilizado. O volume das amostras foi medido antes e depois do processo de maceração, utilizando uma proveta graduada. Os valores da capacidade de expansão e índice de expansão foram calculados conforme as equações (3) e (4), respectivamente.

$$\text{Capacidade de Expansão (ml/semente)} = \frac{V_2 - V_1}{N} \quad (3)$$

Onde,

V_1 = volume das sementes antes da maceração

V_2 = volume das sementes maceradas

N = número de sementes

$$\text{Índice de Expansão} = \frac{\text{Capacidade de Expansão}}{\text{Volume de uma semente}} \quad (4)$$

3.9. Determinação de cor instrumental

As determinações de cor foram feitas nas amostras de feijão cozidas sem e com maceração, utilizando o colorímetro Minolta, modelo Chroma Meter CR-400, de acordo com o sistema CIELAB (KONICA MINOLTA, 2007).

O cozimento das amostras foi feito de acordo com a metodologia proposta por Molina et al. (1975) e após a cocção, os feijões foram colocados em placas de Petri, até formarem uma camada de 10 mm de espessura para serem avaliados.

Os resultados foram expressos em valor L (luminosidade), que varia do preto ($L = 0$) ao branco ($L = 100$); valor a^* , que caracteriza coloração na região do vermelho (+a) ao verde (-a); e valor b^* , que indica coloração no intervalo do amarelo (+b) ao azul (-b). A intensidade da cor está expressa em croma (C) e a tonalidade da cor em hue-angle (h).

A Figura 5 apresenta a geometria do modelo de cor.

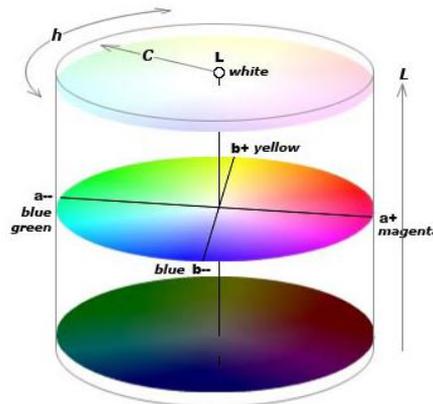


Figura 5 - Geometria do modelo de cor
Fonte: Handprint, 2016.

3.10. Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento estatístico foi inteiramente casualizado, no fatorial 2 x 4, com 2 processos de maceração (macerado e sem macerar), 4 doses de radiação gama e com três repetições por tratamento para todas as análises e os resultados foram expressos em média \pm desvio-padrão. Para as análises de capacidade de hidratação, índice de hidratação, capacidade de expansão, índice de expansão e para análises que não tiveram interação no esquema fatorial, foi aplicado delineamento estatístico inteiramente casualizado, com três repetições por tratamento. Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e ao Teste de Tukey ($p < 0,05$) para comparação de médias, por meio do programa estatístico ASISTAT versão 7.7 beta.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Composição centesimal

Os resultados da composição centesimal dos feijões irradiados cozidos, macerados e sem macerar, estão expressos nas Tabelas 5 e 6.

O percentual de umidade das amostras maceradas apresentou variação conforme o aumento das doses de radiação. Os feijões da amostra controle e a dose de 5 kGy apresentaram maiores porcentagens de umidade, com valores de 82,30 e 82,33%, respectivamente. Estes resultados citados, embora diferirem estatisticamente, numericamente são valores bem próximos.

Já as amostras sem macerar, conforme a elevação das doses de radiação houve redução dos percentuais de umidade, além de apresentarem porcentagens menores do que os grãos que passaram pela maceração.

O fato dos percentuais das amostras maceradas apresentarem valores superiores aos dos grãos sem macerar pode estar relacionado à embebição dos grãos de feijão em água, ou seja, relacionado ao processo de maceração, estando esses resultados de acordo com os de Brigide e Canniatti-Brazaca (2011).

Os valores dos teores de umidade obtidos para as amostras maceradas foram superiores aos valores encontrados por Brigide (2002) e Ferreira (2010), para feijões cariocas cozidos, que obtiveram os respectivos valores de 78,90 e 77,1%. Entretanto, os percentuais obtidos pelos autores citados foram superiores aos resultados apresentados para os grãos sem macerar, do presente estudo.

Delfini e Canniatti-Brazaca (2008) estudaram feijão carioca e obtiveram teores de umidade de 81,30%, este valor foi próximo dos valores, das amostras que passaram pelo processo de maceração, obtidos no presente trabalho.

Os valores de concentrações de cinzas variaram muito, para as amostras maceradas, conforme o aumento das doses de radiação, apresentando um menor valor de cinzas na dose de 5 kGy (4,13%) e o maior na dose de 1 kGy (4,73%).

Tabela 5 - Composição centesimal (%), em base seca, para feijões irradiados, submetidos à cocção, que sofreram ou não o processo de maceração

Dose (kGy)	Umidade (%)		Cinza (%)		Proteína (%)	
	M	SM	M	SM	M	SM
0	82,30 ± 0,01 ^{ba}	75,67 ± 0,01 ^{aB}	4,63 ± 0,30 ^{abA}	4,08 ± 0,02 ^{aB}	23,55 ± 0,21 ^{aA}	22,25 ± 0,26 ^{aB}
1	81,84 ± 0,00 ^{ca}	71,28 ± 0,00 ^{bb}	4,78 ± 0,05 ^{aA}	4,12 ± 0,04 ^{aB}	22,70 ± 0,11 ^{ba}	22,00 ± 0,21 ^{aB}
5	82,33 ± 0,01 ^{aA}	70,99 ± 0,02 ^{cb}	4,13 ± 0,06 ^{ca}	4,02 ± 0,05 ^{aA}	22,55 ± 0,09 ^{ba}	22,18 ± 0,19 ^{aA}
10	81,42 ± 0,02 ^{da}	70,93 ± 0,01 ^{dB}	4,47 ± 0,05 ^{ba}	4,14 ± 0,02 ^{aB}	22,88 ± 0,10 ^{ba}	22,33 ± 0,56 ^{aB}

Letras minúsculas iguais, dentro de cada parâmetro, na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) e letras maiúsculas iguais, dentro de cada parâmetro, na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

M = Macerado e SM = Sem macerar.

Tabela 6 - Continuação da tabela 5 de composição centesimal (%), em base seca, para feijões irradiados, submetidos à cocção, que sofreram ou não o processo de maceração

Dose (kGy)	Lipídeo (%)		Carboidrato (%)	
	M	SM	M	SM
0	2,05 ± 0,04 ^a	1,84 ± 0,22 ^a	50,83 ± 0,52 ^{ba}	47,51 ± 0,37 ^{aB}
1	1,76 ± 0,03 ^a	1,34 ± 0,26 ^a	51,82 ± 0,06 ^{ba}	43,82 ± 0,40 ^{bb}
5	1,96 ± 0,08 ^a	1,91 ± 0,41 ^a	53,16 ± 0,20 ^{aA}	42,87 ± 0,56 ^{bcB}
10	1,77 ± 0,01 ^a	1,89 ± 0,55 ^a	51,59 ± 0,07 ^{ba}	42,56 ± 1,03 ^{cb}

Letras minúsculas iguais, dentro de cada parâmetro, na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) e letras maiúsculas iguais, dentro de cada parâmetro, na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

M = Macerado e SM = Sem macerar.

Com relação aos grãos sem macerar, os teores de cinzas nas diferentes doses de radiação não diferiram da amostra controle. Com exceção da dose de 10 kGy as quantidades de cinzas dos feijões macerados foram superiores aos das amostras sem macerar. Estando esses resultados semelhantes aos obtidos por Barampama e Simard (1993), Brigide (2002) e Ferreira (2010) Delfini e Canniatti-Brazaca (2008) Toledo e Canniatti-Brazaca (2008) que obtiveram teores de cinzas, que variaram de 3,41 a 4,60 %.

Os teores de proteína na dose controle, para as amostras maceradas, foi maior que as demais doses, entretanto conforme a elevação da radiação, não houve aumento das porcentagens de proteína. Para as amostras sem macerar, as concentrações de proteína não diferiram estatisticamente entre si conforme o aumento das doses.

Os resultados obtidos de proteína foram próximos dos valores observados por Brigide (2002), Costa et al. (2006) e Ferreira (2010), que apresentaram teores proteína que variaram de 22,1 a 23,9.

Na Tabela 6, verifica-se que conforme a elevação das doses de radiação, os teores de lipídeos, nos feijões macerados e os sem macerar, não diferiram estatisticamente entre si. Os resultados obtidos das amostras maceradas e sem macerar apresentaram valores próximos.

Os teores de lipídeos, de feijão carioca cozido, obtidos pelos autores Brigide (2002), Delfini e Canniatti-Brazaca (2008) e Ferreira (2010) foram de 1,1; 1,94 e 1,96%, próximos aos valores encontrados neste estudo.

Os valores de lipídeos obtidos por Costa et al. (2006) foram superiores aos deste trabalho, os autores citados encontraram teores de lipídeos, para feijões comuns crus e cozidos, de 2,49 e 2,52%.

Os resultados de concentrações de lipídeos obtidos por Toledo e Canniatti-Brazaca (2008) para amostras maceradas e sem macerar foram de 1,65 e 1,54%, respectivamente, sendo estes valores próximos aos obtidos nesta pesquisa.

Com relação às concentrações de carboidratos das amostras maceradas, os valores apresentados não diferiram estatisticamente, com exceção dos feijões da dose de 5 kGy, que apresentou teor de (53,16%) sendo maior do que nas outras doses. Já nas amostras sem macerar, as quantidades de carboidrato reduziram conforme o aumento das doses de radiação, além disso, os teores encontrados foram menores do que nos grãos macerados.

As concentrações de carboidratos obtidas por Brigide (2002) e Ferreira (2010) foram de 52,50 e 55,96%, o primeiro autor citado obteve resultados próximos deste trabalho.

Costa et al. (2006) apresentaram concentrações de carboidratos, para feijões comuns crus e cozidos, de 54,30 e 59,90%, estes resultados foram superiores aos encontrados nesta pesquisa.

Delfini e Canniatti-Brazaca (2008) também obtiveram teor, 72,90%, acima do obtido no presente estudo.

4.2. Taninos condensados

As concentrações de taninos dos feijões cozidos, macerados ou não, estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 - Teores de taninos (mg catequina g⁻¹) em base seca, para feijões irradiados, submetidos à cocção, que sofreram ou não o processo de maceração

Dose (kGy)	M (mg g⁻¹)	SM (mg g⁻¹)
0	0,60 ± 0,12 ^{aB}	1,47 ± 0,06 ^{aA}
1	0,58 ± 0,08 ^{aB}	1,45 ± 0,06 ^{aA}
5	0,64 ± 0,04 ^{aB}	1,49 ± 0,08 ^{aA}
10	0,65 ± 0,02 ^{aB}	1,50 ± 0,02 ^{aA}

Letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05) e letras maiúsculas iguais na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

M = Macerado e SM = Sem macerar.

Conforme o aumento das doses de radiação foi constatado que não houve uma variação significativa dos teores de taninos presentes nas amostras dos feijões cozidos que passaram ou não pelo processo de maceração. As amostras controle de feijão maceradas e sem macerar apresentaram concentrações de taninos de 0,60 e 1,47 mg de catequina equivalente/g. Entretanto, independentemente dos efeitos da radiação, nota-se que houve redução dos teores de taninos, nas amostras sem macerar em relação as amostras com os feijões macerados.

A redução das concentrações de taninos nas amostras maceradas pode estar relacionada com o processo de maceração, pois alguns estudos apontam que a embebição de feijões em água, por 12 horas, pode reduzir os teores de taninos em 51% (SHARMA; SEHGAL, 1992; OLIVEIRA et al., 1999; SHIMELIS; RAKSHIT, 2007).

Pesquisando os efeitos da radiação em antinutricionais, utilizando doses de 0,5; 1; 2,5; 5 e 10 kGy, Villavicencio et al. (2000b) verificaram, que para as variedades de feijão Carioca e Macaçar, crus e cozidos, houve redução do teor de taninos conforme o aumento das doses. Este mesmo autor obteve resultados, para a variedade Carioca, próximos aos valores encontrados neste trabalho para as amostras que não passaram pelo processo de maceração.

Mechi, Caniatti-Brazaca e Arthur (2005) aplicaram doses de 2, 4, 6, 8 e 10 kGy em feijões pretos crus e cozidos, e observaram que a cocção reduziu o teor de taninos abaixo do nível de detecção e para as amostras curas não houve influência da irradiação de acordo com o aumento da dose, este mesmo efeito foi observado no presente estudo.

El-Niely (2007) estudou os efeitos da radiação ionizante em taninos de sementes de ervilha, feijão-de-corda, lentilha, feijão roxo e grão de bico, aplicando doses de 5; 7,5 e 10 kGy, e constatou que conforme o aumento das doses houve elevação dos teores de taninos.

Toledo et al. (2007a) avaliaram os efeitos da radiação em taninos, em seis cultivares de soja cruas e cozidas, utilizaram doses de 2, 4 e 8 kGy, averiguaram que as concentrações de taninos diminuíram conforme o aumento das doses, para todas as amostras analisadas.

Em uma pesquisa feita por Ferreira (2010), o autor analisou o efeito da radiação ionizante em feijões cariocas pré-cozidos, utilizou doses de 1, 2 e 3 kGy, e observou que os teores de taninos não foram alterados pelo processo de irradiação, corroborando com os resultados obtidos neste trabalho.

Osman et al. (2014) aplicaram doses de radiação ionizante de 0,5 e 1 kGy em duas cultivares de feijão fava e verificaram que houve redução nos teores de taninos conforme o aumento das doses, para todas as amostras estudadas.

4.3. Ácido fítico

Os teores de ácido fítico presentes nos feijões cozidos, que passaram ou não pelo processo de maceração, estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 - Teores de ácido fítico (mg g^{-1}) em base seca, para feijões irradiados, submetidos à cocção, que sofreram ou não o processo de maceração

Dose (kGy)	M (mg g^{-1})	SM (mg g^{-1})
0	$9,87 \pm 0,20^{\text{aA}}$	$8,04 \pm 0,06^{\text{aB}}$
1	$9,87 \pm 0,26^{\text{aA}}$	$7,61 \pm 0,08^{\text{bB}}$
5	$7,80 \pm 0,05^{\text{bA}}$	$7,83 \pm 0,19^{\text{aA}}$
10	$6,69 \pm 0,05^{\text{cB}}$	$7,72 \pm 0,08^{\text{abA}}$

Letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) e letras maiúsculas iguais na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

M = Macerado e SM = Sem macerar.

A partir da Tabela 8, nota-se que ocorre redução dos teores de ácido fítico, para as amostras cozidas que passaram pelo processo de maceração, nas doses 5 e 10 kGy, com médias de 7,80 e 6,69 mg g^{-1} , respectivamente. Entretanto, as amostras sem macerar não foram influenciadas pela radiação, na dose de 1 kGy houve uma pequena redução no teor de ácido fítico.

Segundo Siddhuraju, Makkar e Becker (2002), essa redução de ácido fítico é devido à degradação química do fitato em fosfatos de inositol e inositol pela ação de radicais livres produzidos pela radiação ionizante. Outra possível forma de perda de fitato durante a irradiação poderia ser através da clivagem do anel de fitato. Entretanto, essa redução de ácido fítico não foi observada, no presente estudo, para amostras que não foram maceradas.

Possivelmente a redução nos teores de ácido fítico está relacionada ao processo de maceração em conjunto a radiação ionizante, pois a diminuição do ácido fítico durante o remolho está atribuída à degradação da molécula de fitato por meio da enzima fitase, a qual é ativada nas sementes devido à embebição de leguminosas em água, assim, o aumento da atividade da fitase ocasiona no decréscimo de fitato (SHIMELIS; RAKSHIT, 2007; VIJAYAKUMARI; PUGALENTI; VADIVEL, 2007). Desta forma, a radiação pode ter auxiliado no aumento da atividade da fitase, ocasionando na redução das quantidades de ácido fítico observadas neste trabalho, visto que as amostras que não foram maceradas não apresentaram esta redução.

Quanto aos resultados obtidos das amostras que passaram ou não pelo processo de maceração, verifica-se que nos feijões controle e nos que foram irradiados a 1 kGy, as amostras maceradas apresentaram um teor de ácido fítico maior do que as amostras sem maceração. Já na dose de 5 kGy, as amostras não apresentaram diferença significativa no teor de ácido fítico, enquanto que na dose de

10 kGy, os feijões macerados apresentaram quantidades menores de fitato do que os sem macerar.

De acordo com o encontrado na literatura (BONETT et al., 2007; SHIMELIS; RAKSHIT, 2007; VIJAYAKUMARI; PUGALENTHI; VADIVEL, 2007; BENEVIDES et al., 2011), o processo de maceração reduz os teores de ácido fítico presentes em leguminosas, no entanto, os valores de fitato observados no presente estudo estão em desacordo com a literatura, pois os teores de ácido fítico das amostras maceradas deveriam ser maiores do que as que não passaram por esse processo, independentemente dos efeitos da radiação ionizante.

O que pode ter ocasionado essa divergência nos resultados, foi o espaço de tempo em que as amostras foram preparadas para a avaliação das quantidades de fitato. O preparo dos feijões sem macerar foi feito uma semana depois das amostras maceradas. Em um estudo realizado por Cunha, Sgarbieri e Damasio (1993), em feijão preto, verificou-se que após armazenar as amostras por seis meses, houve redução de 50% no teor de fitato em relação ao valor original encontrado no controle.

Pesquisando os efeitos da radiação ionizante nos teores de ácido fítico em feijões fava, Al-Kaisey et al. (2003) verificaram que houve redução nas quantidades de fitato conforme o aumento das doses de radiação.

Mechi, Caniatti-Brazaca e Arthur (2005) avaliaram os efeitos da radiação em feijões pretos crus e cozidos, utilizaram doses de 2, 4, 6, 8 e 10 kGy, constataram que as amostras cruas tiveram uma diminuição nos teores de fitato conforme o aumento das doses de radiação, no entanto, para as amostras cozidas, a redução do ácido fítico ocorreu na dose de 10 kGy. Estes mesmo autores verificaram que as amostras cruas, nas mesmas doses de radiação, apontaram menores teores de ácido fítico quando comparadas aos feijões que passaram pela cocção.

Brigide e Caniatti-Brazaca (2006) estudaram os efeitos da radiação ionizante nos antinutricionais presentes no feijão comum cru e cozido, aplicaram doses de 2, 6 e 10 kGy, observaram que conforme o aumento das doses, as amostras cruas e cozidas apresentaram redução nos teores de ácido fítico. Os feijões que passaram pelo processo de maceração neste trabalho também apresentaram o mesmo comportamento dos autores citados, além de apresentar teores de ácido fítico próximos do estudo realizado, com médias de fitato variando de 4,63 a 9,55 mg g⁻¹.

Em um estudo realizado por Bhat, Sridhar e Tomita-Yokotani (2007) em sementes de mucana-preta, para averiguar os efeitos da radiação ionizante nos antinutricionais das sementes, verificaram que a partir da dose 5 kGy houve redução nos teores de fitato, e nas doses de 15 e 30 kGy, o ácido fítico foi eliminado.

Martinez (2011) verificou que não houve alteração dos teores de ácido fítico, em feijões cariocas germinados e irradiados, conforme o aumento das doses de radiação, este mesmo efeito da radiação ionizante foi observado no presente estudo, mas para as amostras que não passaram pelo processo de maceração. Os valores de fitato encontrados por este autor foram 1,76 vezes maiores que os teores de ácido fítico das amostras não maceradas deste trabalho.

4.4. Digestibilidade proteica *in vitro*

Na Tabela 9 estão expressas as porcentagens de digestibilidade proteica *in vitro* dos feijões irradiados cozidos que foram macerados ou não.

Tabela 9 - Digestibilidade proteica *in vitro* (%) em base seca, para feijões irradiados, submetidos à cocção, que sofreram ou não o processo de maceração

Dose (kGy)	M (%)	SM (%)
0	85,80 ± 0,79 ^{aA}	79,66 ± 0,78 ^{bB}
1	82,79 ± 0,93 ^{bA}	79,05 ± 0,92 ^{bB}
5	82,60 ± 0,46 ^{bA}	79,49 ± 0,00 ^{bB}
10	81,58 ± 1,21 ^{bB}	83,54 ± 0,00 ^{aA}

Letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) e letras maiúsculas iguais na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

M = Macerado e SM = Sem macerar.

Nas amostras que passaram pelo processo de maceração houve redução das médias a partir da dose de 1 kGy, com uma média de 82,79%, nas demais doses, a digestibilidade não sofreu atenuação significativa. Entretanto, para as amostras que não passaram pelo processo de maceração, na dose de 10 kGy, com média de 83,54%, ocorreu aumento da digestibilidade.

Nas doses de 0 a 5 kGy, observa-se que a digestibilidade proteica das amostras que foram maceradas foram maiores do que os feijões sem macerar,

entretanto, na dose de 10 kGy, a digestibilidade dos feijões não macerados foi maior.

Delincée, Villavicencio e Mancini-Filho (1998) pesquisaram os efeitos da radiação nas variedades de feijão Macaçar e Carioca, aplicando doses de 0,5; 1; 2,5; 5 e 10 kGy, constataram que a radiação ionizante não influenciou na digestibilidade proteica das duas variedades de feijão estudadas. Os resultados obtidos pelos autores citados, para a variedade carioca, foram 1,25 vezes menores do que os valores apresentados no presente trabalho.

Mechi, Caniatti-Brazaca e Arthur (2005) estudaram os feijões pretos irradiados crus e cozidos, averiguaram que nas amostras cruas houve redução da digestibilidade proteica conforme o aumento das doses de radiação, entretanto, para os grãos cozidos, verificou-se que a radiação não influenciou o parâmetro estudado, porém na dose de 10 kGy houve uma redução da digestibilidade.

Ferreira, Canniatti-Brazaca, Arthur (2006) avaliaram grãos-de-bico irradiados (doses de 2, 4, 6, 8 e 10 kGy) crus e submetidos à cocção, notaram que para os grãos crus, a dose de 2 kGy resultou em melhor digestibilidade, porém para os grãos-de-bico cozidos, as maiores doses obtiveram as melhores digestibilidades.

Toledo et al. (2007b) estudaram os efeitos da radiação ionizante em cinco cultivares de soja, aplicaram doses de 2, 4 e 8 kGy, observaram que a radiação não influenciou na digestibilidade proteica de todas as cultivares estudadas.

Estudando os efeitos da radiação ionizante em sementes de ervilha, feijão-de-corda, lentilha, feijão roxo e grão-de-bico, El-Niely (2007) verificou que conforme o aumento das doses a digestibilidade proteica melhorou.

Ferreira (2010) avaliou feijões cariocas pré-cozidos, aplicou doses de radiação ionizante de 1, 2 e 3 kGy, constatou que a irradiação não influenciou na digestibilidade proteica. Os resultados obtidos pelo autor citado foram de 89,85 a 91,72% de digestibilidade, estes valores foram superiores aos encontrados neste estudo.

Martinez (2011) analisou feijões cariocas irradiados germinados, verificou que houve piora da digestibilidade das amostras conforme o aumento das doses de radiação e os resultados obtidos por este autor foram próximos dos encontrados no presente trabalho.

4.5. Tempo de cocção

A Tabela 10 apresenta os tempos de cocção dos feijões irradiados que passaram ou não pelo processo de maceração e a Tabela 11 apresenta as médias totais de tempos de cocção dos feijões irradiados macerados e sem macerar.

Tabela 10 - Tempo de cocção (min.) para feijões irradiados, submetidos ou não o processo de maceração

Dose (kGy)	M (min.)	SM (min.)
0	32,68 ± 3,57 ^a	55,30 ± 3,49 ^a
1	23,56 ± 3,02 ^b	44,70 ± 1,13 ^b
5	16,28 ± 1,20 ^c	36,16 ± 0,68 ^c
10	11,54 ± 2,48 ^c	30,30 ± 2,59 ^c

Letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

M = Macerado e SM = Sem macerar.

Tabela 11 - Médias totais dos tempos de cocção (min.) para os feijões que passaram ou não o processo de maceração

	Médias totais (min.)
M	21,01 ± 8,65 ^b
SM	40,68 ± 8,68 ^a

Letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

M = Macerado e SM = Sem macerar.

Na Tabela 10, nota-se a influência da radiação nos tempos de cozimento, pois houve redução dos tempos de cocção conforme o aumento das doses de radiação, tanto para as amostras maceradas quanto para os feijões sem macerar. As amostras maceradas e sem macerar controles apresentaram médias de tempos de cocção de 32,68 e 55,30 minutos, respectivamente. Já na Tabela 11, verifica-se que os tempos de cocção dos feijões macerados foram menores que os sem macerar, apresentando tempos médios totais de 21,01 e 40,68 minutos, respectivamente.

De acordo com Çelik et al. (2004), o tempo de cocção está em função da permeabilidade do revestimento da semente, onde a taxa de água quente absorvida causa a gelatinização do amido.

Desta forma, a irradiação reduziu o tempo de cocção, pois esta pode ter promovido à fragmentação do amido, elevando a solubilidade do mesmo, e a perda de integridade da membrana externa de leguminosas, resultando em uma maior absorção de água e gelatinização (EL SAADANY; FODA; EL SAADANY, 1979; RAO; VAKIL, 1985; SABULARSE et al., 1991; ÇELIK et al., 2004; FALADE; ADEBIYI, 2015).

Mancini-Filho (1990) estudou os efeitos da radiação ionizante nas variedades de feijão catu, rajada e carioca, mostrou que com uma dose de 10 kGy houve redução de 50% no tempo de cocção.

Byun, Kwon e Mori (1993) observaram que conforme o aumento das doses de radiação, houve uma redução de 30 a 60% do tempo de cocção da soja quando comparados os tempos de cozimento das amostras controle.

Em um estudo conduzido por Villavicencio et al. (2000a), averiguaram que a radiação reduziu os tempos de cocção das variedades de feijão carioca e macaçar, conforme o aumento das doses. Os tempos de cocção, obtidos pelos autores citados, foram cerca de duas vezes maior que os resultados encontrados no presente trabalho.

Köksel e Çelik (2001) pesquisaram os efeitos da radiação em lentilhas, grãos-de-bico e feijão comum maceradas e sem macerar, aplicaram doses de 1; 2,5; 5; 10 e 20 kGy, verificaram que conforme a elevação das doses de radiação houve redução dos tempos de cocção para todos os legumes avaliados. Estes mesmos autores observaram redução dos tempos de cocção das amostras maceradas com relação às sem macerar, corroborando com os resultados do presente estudo.

Çelik et al. (2004) também observaram redução dos tempos de cocção, nas variedades de feijão Yalova e Yunus maceradas e sem macerar, conforme os aumentos das doses de radiação, bem como a redução do tempo de cozimento das amostras maceradas, quando comparadas aos feijões que não foram macerados.

Armelin et al. (2007) avaliaram os tempos de cocção de feijão carioca irradiado, utilizaram doses de 1, 2, 6 e 10 kGy, e notaram que de acordo como o aumento das doses de radiação, os tempos de cozimento das amostras diminuiram. Os autores citados apresentaram tempos de cocção próximos do presente estudo.

Toledo et al. (2007c) e Biscaro et al. (2010), analisaram os efeitos da radiação na soja, aplicaram doses de 2, 4 e 8 kGy, averiguaram que conforme a elevação das doses de radiação, os tempos de cocção reduziram.

4.6. Capacidade de hidratação, índice de hidratação, capacidade de expansão e índice de expansão

A Tabela 12 mostra os resultados obtidos para capacidade de hidratação, índice de hidratação, capacidade de expansão e índice de expansão.

Tabela 12 - Efeitos da radiação gama nas propriedades de absorção de água dos feijões

Dose (kGy)	Hidratação		Expansão	
	Capacidade (g semente ⁻¹)	Índice	Capacidade (ml semente ⁻¹)	Índice
0	0,27 ± 0,003 ^a	1,01 ± 0,015 ^a	0,26 ± 0,004 ^{ab}	1,00 ± 0,000 ^a
1	0,27 ± 0,006 ^a	1,00 ± 0,029 ^a	0,25 ± 0,010 ^b	1,04 ± 0,064 ^a
5	0,27 ± 0,005 ^a	1,00 ± 0,016 ^a	0,26 ± 0,003 ^{ab}	1,07 ± 0,061 ^a
10	0,24 ± 0,002 ^b	0,98 ± 0,004 ^a	0,28 ± 0,015 ^a	1,14 ± 0,071 ^a

Letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Verifica-se, na Tabela 12, que as doses de 1 e 5 kGy não influenciaram na capacidade de hidratação, apresentando médias de 0,27g/semente, iguais a amostra controle. Contudo, na dose de 10kGy, observa-se que houve redução da capacidade de hidratação. Apesar da redução da capacidade de hidratação, a partir da dose de 10kGy, o índice de hidratação não variou conforme o aumento das doses de radiação.

De acordo com Rao e Vakil (1985), o efeito de altas doses de radiação na capacidade de hidratação em leguminosas, é de quebra de moléculas de amido, proteínas e carboidratos em molécula de baixo peso molecular, resultando em aumento da velocidade e quantidade de água absorvida. O aumento na capacidade de hidratação não ocorreu no presente estudo, desta forma a redução da quantidade de água absorvida pelas amostras pode não estar necessariamente ligada ao processo de radiação ionizante.

Uma explicação para a redução da capacidade de hidratação é que quanto maior o volume, a área, massa e densidade dos grãos de feijão, menor a taxa relativa de água absorvida, além disso, existe a influência das características do

tegumento, por exemplo, espessura, peso, aderência aos cotilédones, elasticidade, porosidade e propriedades coloidais (ESTEVEZ et al., 2002; COELHO et al., 2007). Logo, a redução da capacidade de hidratação do presente estudo pode estar relacionada às características físicas do feijão.

Graham et al. (2002) avaliaram os efeitos da radiação ionizante em grãos-de-bico, utilizaram doses de 2, 5, 10, 20, 30 e 50 kGy, e observaram que houve redução da capacidade de hidratação nas doses 20, 30 e 50 kGy, esta tendência de atenuação da capacidade de hidratação também foi verificado no presente trabalho.

Çelik et al. (2004) estudaram o efeito da radiação ionizante na absorção de água de feijões, compararam amostras controle e irradiadas (doses 1, 5 e 10 kGy), verificaram que os feijões das variedades Yalova e Yunus obtiveram médias de capacidade de hidratação cerca de 21,3 vezes maior que os resultados obtidos no presente trabalho. Entretanto, as médias de índice de hidratação encontradas por Çelik et al. (2004) das variedades Yalova e Yunus, foram próximos dos observados neste estudo. A variedade Yalova não apresentou uma significativa elevação da capacidade e índice de hidratação conforme o aumento das doses de radiação, entretanto, para a variedade Yunus, houve um crescimento significativo na capacidade e índice de hidratação, a partir da dose de 5 kGy.

Com relação à capacidade de expansão, observa-se que as doses 1 e 5 kGy, apresentaram médias de 0,25 e 0,26mL/semente, respectivamente, não havendo uma variação significativa se comparados com a amostra controle que apresentou uma média de 0,26mL/semente. Entretanto, na dose de 10 kGy houve um aumento da capacidade de expansão, apesar da redução da capacidade de hidratação. O índice de expansão não variou conforme o aumento das doses de radiação.

O aumento da capacidade de expansão observado no presente estudo pode estar relacionado à quebra de amido ocasionado pela radiação ionizante, este processo provoca danos ou degradação do amido, reduzindo-o a moléculas mais simples, tais como, dextrinas, maltose e outros açúcares que têm uma maior afinidade com água do que o amido, conseqüentemente, ocorre expansão dos grãos de feijão (WILLIAMS; KUZINA; HLYNKA, 1970; RAO; VAKIL, 1985; RAYAS-DUARTE; RUPNOW, 1993).

Köksel e Çelik (2001) estudaram os efeitos da radiação ionizante em lentilhas, grãos-de-bico e feijão comum, aplicaram doses de 1; 2,5; 5; 10 e 20 kGy, constataram que houve um crescimento da capacidade e índice de expansão nos

grãos de lentilha e grão-de-bico conforme o aumento das doses de radiação, no entanto, o feijão estudado não apresentou variação das médias, neste parâmetros avaliados. As médias de capacidade de expansão dos feijões, obtidas por Köksel e Çelik (2001), foram de cerca 13,4 vezes maior do que as observadas neste estudo.

Çelik et al. (2004) observaram na variedade de feijão Yalova que não houve variação da capacidade e índice de expansão conforme o aumento das doses, porém, para a variedade Yunus ocorreu um aumento da capacidade de expansão na dose de 10 kGy, esse comportamento foi semelhante ao verificado no presente trabalho.

Tresina e Mohan (2011) analisaram os efeitos da irradiação, com doses de 2, 5, 10, 15 e 25 kGy, no feijão-frade (*Vigna unguiculata*), verificaram que as doses de radiação aplicadas não alteraram a capacidade e índice de expansão nos feijões analisados.

4.7. Cor instrumental

Nas Tabelas 13 e 14 estão expressos os parâmetros de cor dos feijões irradiados cozidos.

Observa-se que houve aumento na luminosidade (L) das amostras cozidas que passaram pela maceração, nas doses 5 e 10 kGy. Para os feijões que não foram macerados, nota-se que a irradiação não influenciou na luminosidade. As amostras que foram maceradas apresentaram uma maior intensidade de luminosidade do que as sem macerar, ou seja, os feijões macerados possuem uma coloração mais clara.

Para a coordenada a^* , nota-se que ocorreu uma intensificação do tom vermelho a partir da dose de 1 kGy, tanto para as amostras maceradas quanto para as sem macerar. Porém, na dose de 5 kGy, para os feijões que passaram pela maceração, as amostras apresentaram maior intensidade no tom vermelho. Para as demais doses, nos grãos sem macerar, não houve uma intensificação significativa.

Com relação à coordenada b^* , verifica-se que todas as amostras tenderam para a coloração amarela. Para os feijões que foram macerados, observa-se uma intensificação cor amarela na dose de 10 kGy, enquanto que nas amostras sem macerara, esta intensificação foi notada nas doses de 1 e 5 kGy.

Tabela 13 - Cor instrumental de feijões irradiados, submetidos à cocção, que sofreram ou não o processo de maceração

Dose (kGy)	L		a*		b*	
	M	SM	M	SM	M	SM
0	46,18 ± 0,90 ^{bA}	40,91 ± 0,80 ^{aB}	6,93 ± 0,58 ^c	6,77 ± 0,69 ^b	20,25 ± 1,26 ^{bA}	20,06 ± 0,35 ^{bA}
1	46,66 ± 2,48 ^{bA}	40,78 ± 0,54 ^{aB}	8,30 ± 0,26 ^b	8,98 ± 0,41 ^a	21,17 ± 0,99 ^{bA}	22,09 ± 0,57 ^{aA}
5	47,86 ± 0,79 ^{cA}	40,65 ± 0,22 ^{aA}	10,30 ± 0,18 ^a	9,35 ± 0,64 ^a	24,17 ± 0,19 ^{abA}	21,64 ± 0,41 ^{aA}
10	50,67 ± 0,72 ^{aA}	40,25 ± 0,73 ^{aB}	7,47 ± 0,36 ^{bc}	9,03 ± 0,97 ^a	23,01 ± 0,47 ^{aA}	21,46 ± 0,08 ^{abB}

Letras minúsculas iguais, dentro de cada parâmetro, na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) e letras maiúsculas iguais, dentro de cada parâmetro, na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

M = Macerado e SM = Sem macerar.

Tabela 14 - Cor instrumental de feijões irradiados, submetidos à cocção, que sofreram ou não o processo de maceração

Dose (kGy)	Croma		Hue-Angle	
	M	SM	M	SM
0	21,40 ± 1,31 ^c	21,18 ± 0,11 ^b	1,24 ± 0,02 ^a	1,25 ± 0,04 ^a
1	22,74 ± 1,01 ^{bc}	23,85 ± 0,39 ^a	1,20 ± 0,01 ^a	1,18 ± 0,02 ^a
5	26,28 ± 0,24 ^a	23,58 ± 0,33 ^a	1,17 ± 0,01 ^a	1,16 ± 0,03 ^a
10	24,20 ± 0,55 ^{ab}	23,30 ± 0,45 ^a	1,26 ± 0,01 ^a	1,17 ± 0,04 ^a

Letras minúsculas iguais, dentro de cada parâmetro, na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) e letras maiúsculas iguais, dentro de cada parâmetro, na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

M = Macerado e SM = Sem macerar.

A partir dos resultados obtidos pelas coordenadas a^* e b^* , os grãos apresentaram valores positivos para ambos, o que indica que a cor deles está localizada no primeiro quadrante e é percebido como um tom resultante da mistura das cores vermelha e amarela.

O parâmetro croma indica a intensidade de cor das amostras e na Tabela 14 observa-se que a partir da dose 1 kGy houve elevação da intensidade de coloração, para os feijões sem macerar, entretanto, o aumento das doses de radiação, não ocasionou em modificação da variável analisada. Para as amostras que passaram pela maceração, verifica-se que a irradiação não influenciou na intensidade da cor.

O hue-angle apresentou valores baixos e, portanto, indica que as amostras apresentaram cor marrom claro. Na Tabela 14 nota-se que a irradiação não influenciou no ângulo da coloração, tanto para os feijões que foram macerados, quanto para os sem macerar.

Em um estudo realizado por Zanão et al. (2009) em arroz irradiado, observaram que conforme o aumento das doses (0,5; 1; 3 e 5 kGy), a luminosidade, o hue-angle e coordenada a^* não foram afetados pela irradiação, no entanto, o parâmetro b^* e o croma sofreram elevações de seus resultados conforme o aumento das doses, apresentaram amostras com intensificação da coloração amarela.

Mexis e Kontominas (2009), analisaram avelãs irradiadas (como doses de 1; 1,5; 3; 5 e 7 kGy), verificaram que a radiação ionizante não alterou os parâmetros L e a^* , porém para a coordenada b^* observaram uma elevação nos tons amarelos, na dose de 7 kGy.

Camargo et al. (2011) avaliaram amendoim irradiado, nas doses de 5; 7,5; 10 e 15 kGy, constataram que nenhum dos tratamentos ocasionou diferença significativas para nenhum dos parâmetros de cor estudados.

Falade e Kolawole (2013) estudaram os efeitos da radiação ionizante na coloração de feijões de corda, aplicaram doses de 2, 4, 6 e 8 kGy, verificaram que a aplicação da radiação reduzia cor dos parâmetros L, a^* , b^* e chroma, entretanto, para o hue angle houve elevação dos valores obtidos conforme o aumento das doses.

5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos, pode-se concluir que os feijões cariocas irradiados, submetidos à cocção, que passaram ou não pelo processo de maceração:

- A radiação ionizante não causou alterações significativas na composição centesimal das amostras maceradas e sem macerar;
- A radiação gama não influenciou nos teores de taninos condensados nas amostras maceradas e sem macerar;
- A radiação ionizante reduziu as concentrações de ácido fítico a partir da dose 5 kGy, para as amostras maceradas, já para as amostras de feijões sem macerar, a radiação não influenciou nos teores de fitato;
- A digestibilidade proteica do feijão macerado *in vitro* reduziu na dose de 1 kGy. Já para feijões sem macerar, a dose 10 kGy aumentou a digestibilidade;
- Os tempos de cocção do feijão reduziram conforme os aumentos das doses de radiação;
- A capacidade de expansão do feijão foi influenciada pela radiação ionizante na dose de 10 kGy;
- A coloração do feijão não foi influenciada pela radiação ionizante.

REFERÊNCIAS

ABU-GHANNAM, N.; MCKENNA, B. Hydration kinetics of red kidney beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Food Science**, Champaign, v. 62, n. 3, p. 520-523, 1997.

AFONSO, S.M.E. **Caracterização físico-química e actividade antioxidante de novas variedade de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 2010. 33 p. Dissertação (Mestrado em Qualidade e Segurança Alimentar) - Escola Superior Agrária de Bragança, Bragança, 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA. **Resolução nº 21, de 26 de janeiro de 2001**. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/791ccc804a9b6b1b9672d64600696f00/Resolucao_RDC_n_21_de_26_de_janeiro_de_2001.pdf?MOD=AJPERES>. Acesso em: 03 dez. 2015.

AKESON, W.R.; STAHAMAN, M.A. A pepsin pancreatin digest index of protein quality evaluation. **Journal of Nutrition**, Springfield, v. 83, n. 3, p. 257-261, 1964.

AL-KAISEY, M.T.; ALWAN, A.K.H., MOHAMMAD, M.H.; SAEED, A.H. Effect of gamma irradiation on antinutritional factors in broad bean. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 67, n. 3-4, p. 493-496, 2003.

ALONSO, R.; AGUIRRE, A.; MARZO, F. Effects of extrusion and traditional processing methods on antinutrients and *in vitro* digestibility of protein and starch in faba and kidney beans. **Food Chemistry**, Barking, v. 68, n. 2, p. 159-165, 2000.

ARAUJO, J.C. de. **Avaliação de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) para o sistema orgânico de produção**. 2008. 83 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

ARMELIN, J.M.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G.; PIEDADE, S.M.S.; MACHADO, F.M.V.F.; SPOTO, M.H.F. Avaliação física de feijão carioca irradiado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 3, p. 498-502, 2007.

ASP, N.G.; JOHANSSON, C.G.; HALLMER, H.; SILJESTROEM, M. Rapid enzymatic assay of insoluble and soluble dietary fiber. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, DC, v. 31, n. 3, p. 476-482, 1983.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official method of analysis of the AOAC International**. 18. ed. Gaithersburg, MD: AOAC International, 2005.

BARAMPAMA, Z.; SIMARD, R.E. Nutrient composition, protein quality and antinutritional factors of some varieties of dry beans (*Phaseolus vulgaris*) grown in Burundi. **Food Chemistry**, Barking, v. 47, n. 2, p. 159-167, 1993.

BARAMPAMA, Z.; SIMARD, R.E. Effects of soaking, cooking and fermentation on composition, in-vitro starch digestibility and nutritive value of common beans. **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v. 48, n. 4, p. 349-365, 1995.

BARBEHENN, R.V.; CONSTABEL, C.P. Tannins in plant-herbivore interactions. **Phytochemistry**, Oxford, v. 72, n. 13, p. 1551-1565, 2011.

BATTESTIN, V.; MARSUDA, L.K.; MACEDO, G.A. Fontes e aplicações de taninos e tanases em alimentos. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 15, n. 1, p. 63-72, 2004.

BENEVIDES, C.M.J.; SOUZA, M.V.; SOUZA, R.D.B.; LOPES M.V. Fatores antinutricionais em alimentos: Revisão. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v. 18, n. 2, p. 67-69, 2011.

BHAT, R.; SRIDHAR, K.R.; TOMITA-YOKOTANI, K. Effect of ionizing radiation on antinutritional features of velvet bean seeds (*Mucuna pruriens*). **Food Chemistry**, Barking, v. 103, n. 3, p. 860-866, 2007.

BISCARO, L.M.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G.; ARTHUR, V.; DIAS, C.T.S. A irradiação gama no tempo de cocção e na absorção de água em grãos de soja com e sem lipoxigenase. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 9, p. 2005-2010, 2010.

BONETT, L.P.; BAUMGARTNER, M. do S.T.; KLEIN, A.C.; SILVA, L.I. Compostos nutricionais e fatores antinutricionais do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Arquivos de Ciências da Saúde da UNIPAR**, Umuarama, v. 11, n. 3, p. 235-246, 2007.

BRIGIDE, P. **Disponibilidade de ferro em grãos de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) irradiados**. 2002. 58 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

BRIGIDE, P.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G. Antinutrients and “*in vitro*” availability of iron in irradiated common beans (*Phaseolus vulgaris*). **Food Chemistry**, Barking, v. 98, n. 1, p. 85-89, 2006.

BRIGIDE, P.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G. Avaliação dos efeitos da cocção e irradiação na composição de feijão carioca (*Phaseolus vulgaris* L.). **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 22, n. 1, p. 97-102, 2011.

BYU, M.W.; KWON, J.H.; MORI, T. Improvement of physical properties of soybeans by gamma irradiation. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 42, n. 1-3, p. 313-317, 1993.

CALHEIROS, K.O. **Elaboração de formulados nutricionais alternativos a partir de alimentos convencionais para a alimentação de idosos**. 2008. 130 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

CAMARGO, A.C.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G.; MANSI, D.N.; DOMINGUES, M.A.C.; ARTHUR, V. Efeitos da radiação gama na cor, capacidade antioxidante e perfil de ácidos graxos em amendoim (*Arachis hypogaea* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 31, n. 1, p. 11-15, 2011.

CANDELA, M.; ASTIASARAN, J.; BELLO, J. Cooking and warm holding: effect on general composition and aminoacids of kidney beans (*Phaseolus vulgaris*), chickpeas (*Cicer arietinum*) and lentils (*Lens culinaris*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, DC, v. 45, n. 12, p. 4763-4767, 1997.

ÇELIK, S.; BASMAN, A.; YALÇIN, E.; KÖKSEL, H. Effects of irradiation on protein electrophoretic properties, water absorption and cooking quality of dry bean and chickpea. **Food Science and Technology Research**, Ibaraki, Japan, v. 10, n. 4, p. 410-415, 2004.

CHACÓN, M.I.; PICKERSGILL, S.B.; DEBOUCK D.G. Domestication patterns in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and the origin of the Mesoamerican and Andean cultivated races. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 110, n. 3, p. 432-444, 2005.

CHIOCCHETTI, G.M. **Potencial de utilização de subprodutos agroindustriais na alimentação: estudo da disponibilidade de nutrientes**. 2013. 103 p. Dissertação (Mestre em Ciências) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

CHUNG, H.J.; LIU, Q. Molecular structure and physicochemical properties of potato and bean starches as affected by gamma-irradiation. **International Journal of Biological Macromolecules**, Guildford, v. 47, n. 2, p. 214-222, 2010.

CHUNG, K.T.; WONG, T.Y.; WEI, C.I.; HUANG, Y.W.; LIN, Y. Tannins and human health: A review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 38, n. 6, p. 421-464, 1998.

CLELAND, M.R. Advances in gamma ray, electron beam, and X-ray technologies for food irradiation. In: SOMMERS, C.H.; FAN, X. (Ed.). **Food irradiation research and technology**. 2. ed. Ames: Blackwell Publishing, 2006. cap. 2, p. 11-31.

CODEX ALIMENTARIUS. **General Standard for Irradiated Foods**. Rev. 1. Rome: FAO/WHO, 2003. 3 p. (CODEX STAN 106-1983).

COELHO, C.M.M.; ZÍLIO, M.; PIAZZOLI, D.; FARIAS, F.L.; SOUZA, C.A.; BORTOLUZZI, R.L.C. Influência das características morfológicas e físicas dos grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) na sua capacidade de hidratação e cocção. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 105-107, 2007.

COELHO, S.R.M.; PRUDENCIO, S.H.; NÓBREGA, L.H.P.; LEITA, C.F.R. Alterações no tempo de cozimento e texturados grãos de feijão comum durante o armazenamento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 2, p. 539-544, 2009.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: Grãos**. Safras 2015/2016, 5º levantamento, São Paulo, fev. 2016. 182 p.

COSTA, G.E.A.; QUEIROZ-MONICI, K.S.; REIS, S.M.P.M.; OLIVEIRA, A.C. Chemical composition, dietary fibre and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and lentil legumes. **Food Chemistry**, Barking, v. 94, n. 3, p. 327-330, 2006.

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

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

CROWFORD, A.M. **Alimentos: seleção e preparo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Distribuidora Record de Serviços de Imprensa Ltda., 1985.

CUNHA, M.F.; SGARBIERI, V.C.; DAMASIO, M.H. Effects of pretreatment with gamma-rays or microwaves on storage stability of dry beans. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, DC, v. 41, n. 10, p. 1710-1715, 1993.

DANELUTI, A.L.M. **Estudo termoanalítico envolvendo estabilidade e pré-formulação de ácido fítico livre/emulsão**. 2011. 112 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

DELFINI, R.A.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G. Polifenóis e sua interação com a digestibilidade e tempo de cocção em feijão comum. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 19, n. 4, p. 401-407, 2008.

DELINCÉE, H.; VILLAVICENCIO, A.L.C.H.; MANCINI-FILHO. Protein quality of irradiated Brazilian beans. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 52, n. 1-6, p. 43-47, 1998.

EL SAADANY, M.A.; FODA, Y.H.; EL SAADANY, F.M. Improving of Egyptian rice by means of gamma irradiation. **Starch – Stärke**, Heidelberg, v. 31, n. 7, p. 230-234, 1979.

EL-NIELY, H.F. Effect of radiation processing on antinutrients, in-vitro protein digestibility and protein efficiency ratio bioassay of legume seeds. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 76, n. 6, p. 1050-1057, 2007.

EMBRAPA. **Cultivo do feijoeiro comum**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. (Sistemas de Produção, 2). Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/CultivodoFeijoeiro/importancia.htm>. Acesso em: 22 mar. 2016.

EMBRAPA. **Cultivo do feijão da primeira e segunda safras na região sul de Minas Gerais**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. (Sistemas de Produção, 6). Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoPrimSegSafrasaSulMG/>. Acesso em: 23 jul. 2014.

ESTEVES, A.M.; ABREU, C.M.P.; SANTOS, C.D.S.; CORRÊA, A.D. Comparação química e enzimática de seis linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 5, p. 999-1005, 2002.

EUSTICE, R.F.; BRUHN, C.M. Consumer acceptance and marketing of irradiated foods. In: SOMMERS, C.H.; FAN, X. (Ed). **Food irradiation research and technology**. 2. ed. Ames: Blackwell Publishing, 2006. cap. 10, p. 173-194.

FALADE, K.O.; ADEBIYI, A.O. Effect of γ -irradiation on cooking, functional and pasting properties of bambara groundnut (*Vigna subterranea* [L.] Verdc.) cultivars. **Journal of Food Process Engineering**, Westport, v. 38, n. 5, p. 452-466, 2015.

FALADE, K.O.; KOLAWOLE, T.A. Effect of irradiation dose on physical, functional and pasting properties of cowpea (*Vigna unguiculata* L. walp) cultivars. **Journal of Food Process Engineering**, Westport, v. 36, n. 2, p. 147-159, 2013.

FAO. FAOSTAT. Database: Beans, dry. Production of top 5 producers in 2014. Rome, 2014a. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>. Acesso em: 22 mar. 2016.

FAO. FAOSTAT. Database: Beans, dry. Production share by region, average 2008-2014. Rome, 2014b. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>. Acesso em: 22 mar. 2016.

FARKAS, J. Irradiation as a method for decontaminating food: A review. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 44, n. 3, p. 189-204, 1998.

FARKAS, J. Irradiation for better foods. **Trends in Food Science and Technology**, Cambridge, v. 17, n. 4, p. 148-152, 2006.

FARKAS, J.; MOHÁCSI-FARKAS, C. History and future of food irradiation. **Trends in Food Science and Technology**, Cambridge, v. 22, n. 2-3, p. 121-126, 2011.

FERNANDES, A.C.; NISHIDA, W.; PROENÇA, R.P.C. Influence of soaking on the nutritional quality of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) cooked with or without the soaking water: a review. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 45, n. 11, p. 2209-2218, 2010.

FERNANDES, D.C.; SOUZA, E.M.; NAVES, M.M.V. Feijão macerado: alternativa para melhorar a qualidade nutricional. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 177-184, 2011.

FERREIRA, A.C.P. **Feijão pré-cozido irradiado com raios gama do Cobalto-60: uma alternativa de consumo**. 2010. 62 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

FERREIRA, A.C.P.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G.; ARTHUR, V. Alterações químicas e nutricionais do grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) cru irradiado e submetido à cocção. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 80-88, 2006.

GAMBLE, G.R.; AKIN, D.E.; MAKAR, H.P.S.; BECKER, K. Biological degradation of tannins in Sericea Lespedeza (*Lespedeza cuneata*) by the white rot fungi *Ceriporiopsis subvermispota* and *Cyathus stercoreus* analyzed by solid-State ¹³C nuclear magnetic resonance spectroscopy. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, DC, v. 62, n. 10, p. 3600-3604, 1996.

GENTRY, H.S. Origin of the common bean, *Phaseolus vulgaris*. **Economic Botany**, Baltimore, v. 23, n. 3, p. 55-69, 1969.

GERLACH, G.A.X.; ARF, O.; CORSINI, D.C.D.C.; SILVA, J.C.; COLETTI, A.J. Análise econômica da produção de feijão em função de doses de nitrogênio e coberturas vegetais. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 1, p. 42-49, 2013.

GIBSON, R.S.; BAILEY, K.B.; GIBBS, M.; FERGUSON, E.L. A review of phytate, iron, zinc, and calcium concentrations in plant-based complementary foods used in low-income countries and implications for bioavailability. **Food and Nutrition Bulletin**, Tokyo, v. 31, n. 2, p. 134-146, 2010.

GRAHAM, J.A.; PANOZZO, J.F.; LIM, P.C.; BROUWER J.B. Effects of gamma irradiation on physical and chemical properties of chickpeas (*Cicer arietinum*). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 82, n. 14, p. 1599-1605, 2002.

GRAHAM, P.H.; RANALLI, P. Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 53, n. 1-3, p. 131-146, 1997.

GRYNSPAN, F.; CHERYAN, M. Phytate-calcium interactions with soy protein. **Journal of the American Oil Chemistry Society**, Champaign, v. 66, n. 1, p. 93-97, 1989.

HANDPRINT. **Modern color models.** Disponível em: <http://www.handprint.com/HP/WCL/color7.html#CIELAB>. Acesso em: 25 maio 2016.

HARLAND, B.F.; MORRIS, E.R. Phytate: A good or a bad food component? **Nutrition Research**, Amsterdam, v. 15, n.5, p. 733-754, 1995.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF)**. Aquisição alimentar domiciliar per capita: Brasil e grandes regiões. Rio de Janeiro, 2010. 282 p.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY - IAEA. **Dosimetry for food irradiation**. Vienna, 2002. 168 p. (Technical Reports Series, 409).

IYER, V.; SALUNKHE, D.K.; SATHE, S.K.; ROCKLAND, L.B. Quick-cooking beans (*Phaseolus vulgaris* L.): II. Phytates, oligosaccharides, and antienzymes. **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v. 30, n. 1, p. 45-52, 1980.

JANGCHUD, K.; BUNNAG, N. Effect of soaking time and cooking time on qualities of red kidney bean flour. **Kasetsart Journal: Natural Science**, Bangkok, v. 35, n. 4, p. 409-415, 2001.

KHANDABABAE, K.; REE, T.V. Tannins: Classification and definition. **Natural Product Reports**, London, v. 18, n. 6, p. 641-649, 2001.

KILCAST, D. Food irradiation: Current problems and future potential. **International Biodeterioration and Biodegradation**, Barking, v. 36, n. 3-4, p. 279-296, 1995.

KÖKSEL, H.; ÇELİK, S. Quality evaluation of gamma-irradiated food legumes. **GIDA – The Journal of Food**, Saskatoon, Canada, v. 26, p. 275-280, 2001.

KONICA MINOLTA. **Price color communication**: color control from perception to instrumentation. Ramsey, 2007. 59 p.

KRAUS, T.E.C.; DAHLEGREN, R.A.; ZASOSKI, R.J. Tannins in nutrient dynamics of forest ecosystems - a review. **Plant and Soil**, The Hague, v. 256, n. 1, p. 41-66, 2003.

KUMAR, V.; SINHA, A.K.; MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K. Dietary roles of phytate and phytase in human nutrition: A review. **Food Chemistry**, Barking, v. 120, n. 4, p. 945-959, 2010.

LACROIX, M.; OUATTARA, B. Combined industrial processes with irradiation to assure innocuity and preservation of food products - a review. **Food Research International**, Ottawa, v. 33, n. 9, p. 719-724, 2000.

LEMOES, L.B.; DURIGAN, J.F.; FERNANDES FILHO, D.; PEDROSO, P.A.C.; BANZATTO, D.A. Características de cozimento e hidratação de grãos de genótipos de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 7, n. 1, p. 47-57, 1996.

LIMA FILHO, T.; TEIXEIRA, L.J.Q.; ROCHA, C.T. da; FERREIRA, G.A.M.; SOUZA, M.C. Energia ionizante na conservação de alimentos: Revisão. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 30, n. 2, p. 243-254, 2012.

LUNA-VITAL, D.A.; MOJICA, L.; MEJÍA, E.G.; MENDOZA, S.; LOARCA-PIÑA, G. Biological potential of protein hydrolysates and peptides from common bean (*Phaseolus vulgaris* L.): A review. **Food Research International**, Ottawa, v. 76, n. 1, p. 39-50, 2015.

MAGA, J.A. Phytate: its chemistry, occurrence, food interactions, nutritional significance, and methods of analysis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, DC, v. 30, n. 1, p. 1-9, 1982.

MAHAPATRA, A.K.; MUTHUKUMARAPPAN, K.; JULSON, J.L. Applications of ozone, bacteriocins and irradiation in food processing: A review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 45, n. 6, p. 447-461, 2005.

MAKKAR, H. P. S. Protein precipitation methods for quantitation of tannins: A Review. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, DC, v. 37, n. 4, p. 1197-1202, 1989.

MANCINI-FILHO, J. **Efeito das radiações gama sobre algumas características físico-químicas e nutricionais de feijões (*Phaseolus vulgaris* L.) armazenados.** 1990. 100p. Tese (Livre Docência) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990.

MARTINEZ, P.C.C. **Efeito da radiação gama e do processo de germinação sobre as características nutricionais do feijão.** 2011. 218 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

MECHI, R.; CANIATTI-BRAZACA, S.G.; ARTHUR, V. Avaliação química, nutricional e fatores antinutricionais do feijão preto (*Phaseolus vulgaris* L.) irradiado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 1, p. 109-114, 2005.

MESQUITA, F.R.; CORRÊA, A.D.; ABREU, C.M.P.; LIMA, R.A.Z.; ABREU, A.F.B. Linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.): composição química e digestibilidade protéica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1114-1121, 2007.

MEXIS, S.F.; KONTOMINAS, M.G. Effect of γ -irradiation on the physicochemical and sensory properties of hazelnuts (*Corylus avellana* L.). **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 78, n. 6, p. 407-413, 2009.

MOLINA, M.R.; FUENTE, G.L.A.; BRESSANI, R. Interrelationships between storage, soaking time, cooking time, nutritive value and other characteristics of the black bean (*Phaseolus vulgaris*). **Journal of Food Science**, Champaign, v. 40, n. 3, p. 587-591, 1975.

MONTEIRO, J.M.; ALBUQUERQUE, U.P. de; ARAÚJO, E. de L. Taninos: uma abordagem da química à ecologia. **Química Nova**, São Paulo, v. 38, n. 5, p. 892-896, 2005.

MORAIS, P.P.P.; VALENTINI, G.; GUIDOLIN, A.F.; BALDISSERA, J.N.C.; COIMBRA, J.L.M. Influência do período e das condições de armazenamento de feijão no tempo de cocção. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 4, p. 593-598, 2010.

MOSTAFAVI, H.A.; FATHOLLAHI, H.; MOTAMEDI, F.; MIRMAJLESSE, S.M. Food irradiation: Applications, public acceptance and global trade. **African Journal of Biotechnology**, Victoria Island, v. 9, n. 20, p. 2826-2833, 2010.

MOURA, N.C.; CANIATTI-BRAZACA, S.G.; SPOTO, M.H.F.; ARTHUR, V. Avaliação sensorial de feijão preto submetido à radiação de cobalto-60. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 2, p. 370-374, 2005.

NAVES, L.P. **Metodologias para quantificar fitato e uso de fitases em rações para frangos de corte**. 2012. 151 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

NUNES, P.; CARLA, E.; KELLY, G.; LOPES, M.; FRASSINETTI, P. Os mitos e as verdades da irradiação de alimentos. **Cadernos de Graduação. Ciências Biológicas e da Saúde**, Recife, v. 1, n. 3, p. 103-110, 2014.

OATWAY, L.; VASANTHAN, T.; HELM, J.H. Phytic acid. **Food Reviews International**, New York, v. 17, n.4, p. 419-431, 2001.

OBOH, H.A.; MUZQUIZ, M.; BURBANO, C.; CUADRADO, C.; PEDROSA, M.M., AYETG.; OSAGIE A.U. Effect of soaking, cooking and germination on the oligosaccharide content of selected Nigerian legume seeds. **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v. 55, n. 2, p. 97-110, 2000.

OLIVEIRA, A.C.; REIS, S.M.P.M.; LEITE, E.C.; VILELA, E.S.D.; PÁDUA, E.A.; TASSI, E.M.M.; CÚNEO, F.; JACOBUCCI, H.B.; PEREIRA, J.; DIAS, N.F.G.P.; GONZALEZ, N.B.B.; ZINSLY, P.F. Uso doméstico da maceração e seu efeito no valor nutritivo do feijão-comum (*Phaseolus vulgaris*, L.). **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 12, n. 2, p. 191-195, 1999.

OLIVEIRA, V.R.; RIBEIRO, N.D.; JOST, E.; LONDERO P.M.G. Qualidade nutricional e microbiológica de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) cozido com ou sem água de maceração. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1912-1918, 2008.

OLIVEIRA, V.R.; RIBEIRO, N.D.; MAZIERO, M.; CARGNELUTTI FILHO, A.; JOST, E. Qualidade para o cozimento e composição nutricional de genótipos de feijão com e sem armazenamento sob refrigeração. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 5, p. 746-752, 2011.

ORNELLAS, L.H. **Técnica dietética**: seleção e preparo de alimentos. 8. ed. rev., São Paulo: Atheneu, 2007. 276 p.

OSMAN, A.M.A.; HASSAN, A.B.; OSMAN, G.A.M.; MOHAMMED, N.; RUSHDI, M.A.H.; DIAB, E.E.; BABIKER, E.E. Effects of gamma irradiation and/or cooking on nutritional quality of faba bean (*Vicia faba* L.) cultivars seeds. **Journal of Food Science and Technology**, New Delhi, v. 51, n. 8, p. 1554-1560, 2014.

PEREIRA, R. **Eficiência de uma fitase bacteriana na liberação de fósforo fítico em dietas de frangos de corte**. 2010. 57 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

PRICE, M.L.; HAGERMAN, A.E.; BUTLER, L.G. Tannin content of cowpeas, chickpeas, pigeon peas, and human mung beans. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, DC, v. 28, n. 2, p. 459-461, 1980.

RABOY, V. Myo-Inositol-1,2,3,4,5,6-hexakisphosphate. **Phytochemistry**, Oxford, v. 64, n. 6, p. 1033-1043, 2003.

RAMÍREZ-CÁRDENAS, L.; LEONEL, A.J.; COSTA, N.M.B. Efeito do processamento doméstico sobre o teor de nutrientes e de fatores antinutricionais de diferentes cultivares de feijão comum. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 1, p. 200-213, 2008.

RAO, V.S.; VAKIL, U.K. Effects of gamma-radiation on cooking quality and sensory attributes of four legumes. **Journal of Food Science**, Champaign, v. 50, n. 2, p. 372-375, 1985.

RAYAS-DUARTE, P.; RUPNOW, J.H. Gamma-irradiation affects some physical properties of dry bean (*Phaseolus vulgaris*) starch. **Journal of Food Science**, Champaign, v. 58, n. 2, p. 389-394, 1993.

REDDY, N.R.; PIERSON, M.D.; SATHE, S.K.; SALUNKHE, D.K. Dry bean tannins: A review of nutritional implications. **Journal of the American Oil Chemists Society**, Champaign, v. 62, n. 3, p. 541-549, 1985.

REYES-MORENO, C.; CÁRABEZ-TREJO, A.; PAREDES-LÓPEZ, O. ORDORICA-FALOMIR, C. Physicochemical and structural properties of two bean varieties which differ in cooking time and the htc characteristic. **LWT – Food Science and Technology**, London, v. 27, n. 4, p. 331-336, 1994.

RIBEIRO, N.D.; RODRIGUES, J. de A.; CARGNELUTTI FILHO, A.; POERSCH, N.L.; TRENTIN, M.; ROSA, S.S. da. Efeito de períodos de semeadura e das condições de armazenamento sobre a qualidade de grãos de feijão para o cozimento. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 1, p. 157-163, 2007.

RIOS, A.O.; ABREU, C.M.P.; CORRÊA, A.D. Efeito da estocagem e das condições de colheita sobre algumas propriedade físicas, químicas e nutricionais de três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, p. 39-45, 2003.

RODRIGUES, J. de A.; RIBEIRO, N.D.; CARGNELUTTI FILHO, A.; TRENTIN, M.; LONDERO, P.M.G. Qualidade para o cozimento de grãos de feijão obtidos em diferentes épocas de semeadura. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 3, p. 369-376, 2005.

SABULARSE, V.C.; LIUZZO, J.A.; RAO, R.M.; GRODNER, R.M. Cooking quality of brown rice as influence by gamma irradiation, variety and storage. **Journal of Food Science**, Champaign, v. 56, n. 1, p. 96-98, 1991.

SCHLEMMER, U.; WENCHE, F.; PRIETO, R.M.; GRASES, F. Phytate in foods and significance for humans: Food sources, intake, processing, bioavailability, protective role and analysis. **Molecular Nutrition & Food Research**, Weinheim, v. 53, n. 2, p. 330-375, 2009.

SCHOFIELD, P.; MBUGUA, D.M.; PELL, A.N. Analysis of condensed tannins: a review. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 91, n. 1-2, p. 21-40, 2001.

SEENA, S.; SRIDHAR, K.R. Physicochemical, functional and cooking properties of under explored legumes, Canavalia of the southwest coast of India. **Food Research International**, Ottawa, v. 38, n. 7, p. 803-814, 2005.

SHARMA, A.; SEHGAL, S. Effect of domestic processing, cooking and germination on the trypsin inhibitor activity and tannin content of faba bean (*Vicia faba*). **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v. 42, n. 2, p. 127-133, 1992.

SHIMELIS, E.A.; RAKSHIT, S.K. Proximate composition and physico-chemical properties of improved dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties grown in Ethiopia. **LWT – Food Science and Technology**, London, v. 38, n. 4, p. 331-338, 2005.

SHIMELIS, E.D.; RAKSHIT, S.K. Effect of processing on antinutrients and *in vitro* protein digestibility of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties grown in East Africa. **Food Chemistry**, Barking, v. 103, n.1, p. 161-172, 2007.

SIDDHURAJU, P.; MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K. The effect of ionizing radiation on antinutritional factors and the nutritional value of plant materials with reference to human and animal food. **Food Chemistry**, Barking, v. 78, n. 2, p. 187-205, 2002.

SILVA, A.L.F. da; ROZA, C.R. Uso da irradiação em alimentos: Revisão. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 28, n. 1, p. 49-56, 2010.

SINGH, S.P.; GEPTS, P.; DEBOUCK, D.G. Races of common bean (*Phaseolus vulgaris*, *Fabaceae*). **Economic Botany**, Baltimore, v. 45, n. 3, p. 379-396, 1991.

TACO. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. 4. ed. Campinas: Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação – NEPA-UNICAMP, 2011. 161 p. Disponível em: <http://www.unicamp.br/nepa/taco/contar/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada.pdf?arquivo=taco_4-versao_ampliada_e_revisada.pdf>. Acesso em: 08 jan. 2015.

TOBIN, G.; CARPENTER, J. The nutritional value of the dry beans (*Phaseolus vulgaris*): a literature review. **Nutrition Abstracts and Reviews Series A**, Wallingford, v. 48, n. 11, p. 919-936, 1978.

TOLEDO, T.C.F.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G. Avaliação química e nutricional do feijão carioca (*Phaseolus vulgaris* L.) cozido por diferentes métodos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 2, p. 355-360, 2008.

TOLEDO, T.C.F.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G.; ARTHUR, V.; PIEDADE, S.M.S. Effects of gamma radiation on total phenolics, trypsin and tannin inhibitors in soybean grains. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 76, n. 10, p. 1653-1656, 2007a.

TOLEDO, T.C.F.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G.; ARTHUR, V.; PIEDADE, S.M.S. Composição, digestibilidade protéica e desaminação em cultivares brasileiras de soja submetidas à radiação gama. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 4, p. 812-815, 2007b.

TOLEDO, T.C.F.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G.; ARTHUR, V.; PIEDADE, S.M.S. Efeito da radiação gama na absorção de água e no tempo de cocção em cultivares de soja. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 565-570, 2007c.

TRESINA, P.S.T.; MOHAN, V.R. Effect of gamma irradiation on physicochemical properties, proximate composition, vitamins and antinutritional factors of the tribal pulse *Vigna unguiculata* subsp. *unguiculata*. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 46, n. 8, p. 1739-1746, 2011.

VARSARI, A.; TOIT, W.; PARPINELLO, G.P. Oenological tannins: a review. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, Hoboken, v. 19, n. 1, p. 1-10, 2013.

VIJAYAKUMARI, K.; PUGALENTHI, M.; VADIVEL, V. Effect of soaking and hydrothermal processing methods on the levels of antinutrients and *in vitro* protein digestibility of *Bauhinia purpurea* L. seeds. **Food Chemistry**, Barking, v. 103, n. 3, p. 968-975, 2007.

VILLAVICENCIO, A.L.C.H.; MANCINI-FILHO, J.; DELINCÉE, H.; BOGNÁR, A. Effect of gamma irradiation on the thiamine, riboflavin and vitamin B₆ content in two varieties of Brazilian beans. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 57, n. 3-6, p. 299-303, 2000a.

VILLAVICENCIO, A.L.C.H.; MANCINI-FILHO, J.; DELINCÉE, H.; GREINER, R. Effect of irradiation on anti-nutrients (total phenolics, tannins and phytate) in Brazilian beans. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 57, n. 3-6, p. 289-293, 2000b.

WANDER, A.E.; ASSUNÇÃO, P.E.V. Dinâmica e concentração da produção de feijão na região centro-oeste do Brasil, 1990 a 2013. **Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento**, Curitiba, v. 4, n. 1, p. 5-21, 2015.

WANG, N.; HATCHER, D.W.; TYLER, R.T.; TOEWS, R.; GAWALKO, E.J. Effect of cooking on the composition of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and chickpeas (*Cicer arietinum* L.). **Food Research International**, Ottawa, v. 43, n. 2, p. 589-594, 2010.

WILLIAMS, P.C.; KUZINA, F.D.; HLYNKA, I. A rapid colorimetric procedure for estimating the amylose content of starches and flours. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v.47, p. 411-421, 1970.

ZAMINDAR, N.; BAGHEKHANDAN, M.S.; NASIRPOUR, A.; SHEIKHZEINODDIN, M. Effect of line, soaking and cooking time on water absorption, texture and splitting of red kidney beans. **Journal of Food Science and Technology**, New Delhi, v. 50, n. 1, p. 108-114, 2013.

ZANÃO, C.F.P.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G.; SARMENTO, S.B.S.; ARTHUR, V. Efeito da irradiação gama nas características físico-químicas e sensoriais do arroz (*Oryza sativa* L.) e no desenvolvimento de *Sitophilus oryzae* L. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 1, p. 46-55, 2009.

ZANELLA-DÍAZ, E.; MÚJICA-PAZ, H.; SOTO-CABALLERO, M.C.; WELTI-CHANES, J.; VALDEZ-FRAGOSO, A. Quick hydration of tepary (*Phaseolus acutifolius* A. Gray) and pinyo beans (*Phaseolus vulgaris* L.) driven by pressure gradients. **LWT – Food Science and Technology**, London, v. 59, n. 2, p. 800-805, 2014.