

AValiação QuÍmica, Nutricional e Fatores Antinutricionais DO FEIJÃO PRETO (*Phaseolus vulgaris* L.) IRRADIADO¹

Rodrigo MECHI², Solange G. CANIATTI-BRAZACA^{2,*}, Valter ARTHUR³

RESUMO

Mesmo o Brasil sendo o maior produtor de feijão, é necessário importar para suprir a grande demanda interna, que é agravada pelas grandes perdas por infestações durante o armazenamento. Para combater estas perdas o processo de irradiação dos feijões é uma alternativa. Foram avaliadas as alterações que ocorreram em grãos de feijão preto crus e cozidos irradiados nas doses de 0, 2, 4, 6, 8 e 10kGy e avaliadas a quantidade de ferro, taninos e ácido fítico, a digestibilidade da proteína e a disponibilidade de ferro. Para o teor de ferro em grãos cozidos não houve variação (média de 118,17mg/Kg). Os teores encontrados de taninos para o cru não variaram com a intensidade radioativa, não sendo possível detecção nos cozidos. Quanto ao teor de ácido fítico, ocorreu diminuição da quantidade com aumento da irradiação nos grãos crus até dose 8kGy. A digestibilidade da proteína diminuiu nos feijões crus com o aumento da irradiação. Ocorreu crescente aumento na disponibilidade de ferro nos feijões crus irradiados (exceto na dose 8kGy), que não varia das doses 4 e 6kGy. Os resultados encontrados neste trabalho mostram que o processo de irradiação não compromete o valor nutricional do feijão preto.

Palavras-chave: ferro; proteína; biodisponibilidade; digestibilidade; taninos, ácido fítico.

SUMMARY

CHEMICAL AND NUTRITIONAL EVALUATION AND ANTINUTRITIONAL FACTORS OF IRRADIATED BLACK BEANS (*Phaseolus vulgaris* L.). Even so Brazil be producer of bean, it is necessary import to supply the intern demand which is very big. The damage to swarm over during the storage occur with frequency. To battle this damages the process of irradiation of beans is an option. The modifications was evaluated in black beans crude and cooked irradiated with dosis of 0, 2, 4, 6, 8 and 10kGy and evaluated the iron quantity, tannin and phytic acid, protein digestibility and iron availability. The iron content of cooked beans was not variation (mean 118.17mg/kg). The content of tannin for crude bean was not variation with the intensity of radiation. The phytic acid content decreased its quantity with irradiation dosis increase at crude beans until dosis 8kGy. The protein digestibility decreased with the increase of irradiation dosis in crude beans. Iron availability increased with the dosis of irradiation (Except in dosis 8kGy) and was not variation of dosis 4 and 6kGy. The results demonstrated that the nutritional value was not engaged for irradiation process of black beans.

Keywords: iron; protein; bioavailability; digestibility; tannin; phytic acid.

1 - INTRODUÇÃO

A especial importância do feijão no Brasil não está somente no fato de este ser o maior produtor mundial, mas também por ser o feijão uma das principais fontes protéicas de nosso povo [35].

Entretanto, a cada colheita, ocorrem consideráveis perdas destes grãos por infestação. O Brasil no ano de 1997 importou 140 mil toneladas de feijão preto *in natura*, no valor de US\$ 81 milhões procedentes da Argentina (90%), Chile (6%) e Estados Unidos (2%) [20]. Para combater estas perdas e evitar a necessidade de importação de grandes quantidades, o processo da irradiação dos feijões é uma alternativa mais atrativa e saudável quando comparada aos tratamentos químicos. A aplicação da radiação ionizante, com o propósito de preservar e desinfetar grãos como o feijão, surge como prática

promissora, utilizada para estender a vida-de-prateleira e reduzir as perdas das safras, durante a armazenagem do produto [9].

A irradiação pode impedir a divisão de células vivas, tais como bactérias e células de organismos superiores, alterando suas estruturas moleculares, além de retardar a maturação de algumas frutas e legumes, ao produzir reações bioquímicas nos processos fisiológicos dos tecidos vegetais [10, 19].

Portanto, faz-se necessário verificar as possíveis alterações que o processo de irradiação pode causar em feijões.

O feijão é classificado dentro da divisão *Fanerogamae*, sub-divisão *Angiospermae*, classe *Dicotyledoneae*, ordem *Rosales*, família *Leguminosae*, sub-família *Papilionoideae*, tribo *Phaseoleas*, gênero *Phaseolus*, espécie *Phaseolus vulgaris* L. O feijão preto variedade Diamante Negro pertence ao grupo comercial preto com ciclo de floração de 40 dias e de colheita de 90 dias. O porte da planta é ereto e sua flor violeta, com o potencial de produção de 3.500Kg/ha, 100 grãos tem a massa de 21,3g. A cultivar Diamante Negro é originária de cruzamento realizado no Centro de Agricultura Tropical (CIAT) na Colômbia sendo recomendada para os Estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, Santa Catarina, São Paulo e Distrito Federal [12].

Segundo ESTEVES [13] variações ocorrem em algumas variedades de feijão no que se refere à composição

¹ Recebido para publicação em 06/06/2003. Aceito para publicação em 08/10/2004 (001144).

² Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição/Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/ Universidade de São Paulo. CP 9 CEP: 13418-900. E-mail: rmechi@esalq.usp.br, sgcbraza@esalq.usp.br, Piracicaba (SP) Brasil.

³ Laboratório de Irradiação e Radioentomologia/Divisão de Produtividade Agroindustrial e Alimentos/Centro de Energia Nuclear na Agricultura/Universidade de São Paulo. Av. Centenário, 303 CEP: 13400-961. E-mail: arthur@cena.usp.br Piracicaba (SP) Brasil

* A quem a correspondência deve ser enviada.

centesimal, de minerais, lignina, polifenóis, atividade da peroxidase, atividade da polifenoloxidase, digestibilidade da proteína *in vitro* (maior percentual no cultivar Ouro Negro) e capacidade de absorção de água, entre as variedades analisadas.

Os antinutricionais que fazem parte do alimento são de natureza variada. Nesses compostos ocorre diversidade de natureza química, além disso, existe divergência no conhecimento de sua estrutura físico-química e dos seus mecanismos de ação fisiológica. A esses fatores anti-nutricionais incluem os fitatos e certos compostos fenólicos que auxiliam a diminuição do valor nutricional do alimento devido à redução da biodisponibilidade de nutrientes [16, 39].

Nas leguminosas encontram-se vários antinutricionais como os fitatos, bociogênico, inibidores das enzimas proteases [2]. Em diversos genótipos de feijão o teor de fitato variou de 0,7 a 1,47% [7].

A principal deficiência nutricional na população do mundo é de ferro, dessa forma, o teor de ferro e sua disponibilidade merecem importância quando se trata de qualidade de alimento. Tanto a composição dietética quanto à forma na qual o ferro está presente no intestino exercem influência na eficiência da absorção dietética desse elemento [4].

Condições de oxido redução podem influenciar na biodisponibilidade de vários elementos traço, e fatores dietéticos que podem reduzir ferro férrico para o estado ferroso, pois composto férrico geralmente é menos solúvel do que o composto ferroso, podendo aumentar a biodisponibilidade de ferro [41, 43].

CARVALHO et al. [5] observaram um efeito negativo pela incidência de raios gama na digestibilidade de *Phaseolus vulgaris* L. cv. Carioca 80, assim como DELINCÉE, VILLAVINCENCIO & MANCINI [9] que estudaram além do feijão carioca o feijão Macaçar com doses de radiação de 0,5 a 10kGy.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

O projeto foi desenvolvido no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP.

A matéria-prima utilizada para a realização das análises foram grãos crus e cozidos de *Phaseolus vulgaris* L. variedade Diamante Negro sem e com irradiação, nas doses de 2, 4, 6, 8 e 10kGy. Foram irradiadas no Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA)/USP com taxa de dose de 1,294kGy/h.

Os feijões apresentaram composição centesimal representada na Figura 1.

O teor de proteínas apresentado nos grãos cozidos foram ligeiramente superiores aos apresentados por REDDY, PUBOLS & MCGINNIS [34] que encontraram valores que variaram de 20,7 a 24,2%, em diferentes linhagens de *Phaseolus vulgaris*, assim como para TABELA [38], que apresenta valor de 18,88% para o feijão cru. Os feijões crus Diamante Negro também foram su-

periores em teor de proteína que as variedades estudadas por MEJÍA et al. [24] que obtiveram uma variação de 21,8 à 26,2%

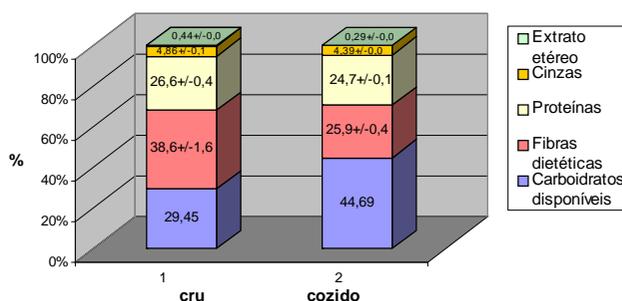


FIGURA 1. Composição centesimal do feijão cru e cozido em base seca.

Após irradiação, os grãos crus foram triturados em moinhos de facas, peneirado em malha de 30mesh, obtendo-se assim as farinhas para análises químicas. Estas farinhas foram armazenadas em saco de polietileno, fechado, em temperatura de geladeira (4°C).

Os grãos para cocção, depois do processo de irradiação, foram colocados de molho em água destilada na proporção de 1:3 (grão:água) e cozidos na proporção de 1:2 (grão:água) por 10 minutos a 121°C em autoclave conforme a metodologia sugerida por MOLINA, FUENTE & BRESSANE [25]. Após o cozimento as amostras foram colocadas em bandejas de alumínio e secas em estufa de circulação de ar forçado a temperatura de 50-55°C até peso constante (aproximadamente 24 horas). O material foi posteriormente moído e armazenado conforme o descrito para os grãos crus.

Todas as análises foram realizadas em triplicata.

A digestibilidade *in vitro* foi determinada segundo metodologia descrita por AKESON & STAHLMAN [1], a qual se baseia na hidrólise enzimática das proteínas com pepsina e pancreatina, seguida da determinação do nitrogênio não precipitável com ácido pícrico.

Para determinação do teor de ferro em espectrofotômetro de absorção atômica modelo PERKIM-ELMER 360 no comprimento de onda 248,3nm, realizou-se uma digestão nitro-perclórica [36].

A disponibilidade de ferro, foi realizada diálise, segundo LUTEN et al. [21].

Os fatores antinutricionais analisados foram taninos e ácido fítico. Os taninos foram analisados segundo a metodologia descrita por PRICE, HAGERMAN & BUTLER [33], através da extração com metanol e reação colorimétrica com solução de vanilina a 1% em metanol 8% de HCl em metanol na proporção de 1:1, deixados a 30°C por 20 minutos e posterior leitura a 500nm. Para a construção da curva padrão foi utilizada catequina e os resultados foram expressos em mg taninos/g de amostra. A quantidade de ácido fítico foi determinada segundo o método de GRYNSPAN & CHERYAN [15], o qual apresenta resultados semelhantes aos indicados por outros autores [26, 28, 32]. A amostra foi colocada em solução digestora e posterior-

mente centrifugada, o sobrenadante diluído em água destilada e passado por resina, algodão e depois NaCl. Ao eluído foi adicionado o reativo de Wande e posteriormente leitura em espectrofotômetro a 500nm.

3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 – Digestibilidade de proteína

Na *Tabela 1* são apresentados os dados da digestibilidade da proteína.

TABELA 1. Porcentagem da digestibilidade da proteína *in vitro* em feijões preto irradiado nas doses 2, 4, 6, 8, 10kGy e não irradiado.

Doses kGy	Cru	Cozido
0	83,96 ¹ ± 0,3 ^{ab2A3}	84,20 ± 0,3 ^{bA}
2	84,64 ± 0,5 ^{aA}	82,15 ± 0,0 ^{dB}
4	83,69 ± 0,6 ^{bA}	83,17 ± 0,3 ^{cA}
6	82,80 ± 0,3 ^{cB}	84,39 ± 0,5 ^{bA}
8	79,74 ± 0,0 ^{dB}	85,53 ± 0,5 ^{aA}
10	78,92 ± 0,3 ^{eB}	82,29 ± 0,8 ^{cdA}

¹Média ± desvio padrão;

²Letras minúsculas diferentes na vertical indicam diferença significativa entre os tratamentos a nível de 5%;

³Letras maiúsculas diferentes na horizontal indicam diferença significativa a nível de 5%.

A digestibilidade é a porcentagem de proteínas, que é hidrolisada pelas enzimas digestivas e absorvida pelo organismo, portanto, está ligada à qualidade do grão.

CARVALHO et al. [5] observaram um efeito negativo pela incidência de raios gama na digestibilidade de *Phaseolus vulgaris* L. cv. Carioca 80. O feijão preto em questão, também teve sua digestibilidade diminuída nos grãos crus com o aumento das doses utilizadas para o tratamento de irradiação, exceto na dose 4kGy que não difere do controle. Em relação aos feijões cozidos, que é a forma normalmente utilizada para consumo, a radiação não influenciou e teve ação positiva nos grãos submetidos às doses 6 e 8kGy, respectivamente. Nos grãos que sofreram a dose 10kGy foi observado diminuição da digestibilidade, assim como nas doses 2 e 4kGy, concordando com CARVALHO et al. [5], DELINCÉE, VILLAVINCENCIO & MANCINI [9] (*Tabela 1*). Segundo MEJÍA et al. [23] a digestibilidade pode ser influenciada pela disponibilidade de água à planta, no entanto, não observaram diferença entre lavoura irrigada ou de sequeiro, mas obtiveram uma faixa de variação de 71,1 a 76,7% entre as variedades estudadas, nos feijões Diamante Negro observa uma digestibilidade maior em todos tratamentos.

A diferença de digestibilidade encontrada para a proteína, na prática, tem pouco significado nutricional. Como é possível observar no estudo feito por CARVALHO et al. [5], onde os animais alimentados com feijão irradiado e suplementado por metionina foi superior

em ganho de peso que os animais alimentados com não-irradiados. No entanto, o ensaio sem suplementação de aminoácidos limitantes o efeito foi contrário. Tal comportamento se deve, provavelmente, a destruição de certos aminoácidos desnaturados em meio aquoso sob a influência da radiação gama. Os aminoácidos mais sensíveis aos efeitos negativos são os aromáticos, aminoácidos de cadeia lateral básica e os sulfurados, que são os aminoácidos limitantes do feijão, como metionina [37]. O efeito negativo da radiação foi também constatado por DELINCÉE, VILLAVINCENCIO & MANCINI [9] que utilizaram doses de 0,5 a 10kGy.

DUARTE [11] encontrou o valor 13% de digestibilidade em feijões pretos, utilizando 10% de tripsina para digestão. Para determinação da digestibilidade no Diamante Negro, foi usado o método pepsina-pancreatina, enzimas mais eficazes que a tripsina para digestão do feijão.

REDDY, PUBOLS & MCGINNIS [34] encontraram melhora na digestibilidade da proteína em diferentes linhagens utilizando radiação gama na dose de 21Mrad, assim como o encontrado a partir das doses de 6kGy.

3.2 – Disponibilidade de ferro

Considerando os grãos crus o maior teor de ferro foi encontrado para o feijão controle. Nos grãos irradiados, o teor de ferro se manteve constante nas doses. Nos feijões cozidos o teor não difere entre os tratamentos (*Tabela 2*). No feijão cru ocorreu variação do não irradiado para os irradiados, esta variação não deveria ocorrer já que a irradiação não altera a quantidade do ferro, porém pode ter ocorrido alteração da umidade quando foi realizado o processo de irradiação, portanto o erro deve ter ocorrido na realização da análise. A concentração de 56,42 e 61,30mg/kg é encontrada na tabela USDA [40] para feijões crus e cozidos, respectivamente, outro valor encontrado na literatura foi 93mg/kg em feijões pretos crus [14]. HOUSE et al. [18] obtiveram o valor 87,5mg/kg de ferro. Em resumo, a variedade Diamante Negro apresentou maior teor de ferro que o encontrado na literatura, tanto para os grãos crus como cozidos.

TABELA 2. Teor de ferro mg/Kg (matéria seca) em feijões preto irradiados nas doses 2, 4, 6, 8, 10kGy e não irradiados.

Doses kGy	Cru	Cozido
0	126,3 ¹ ± 9,0 ^{a2A3}	98,0 ± 8,5 ^{aB}
2	108,3 ± 5,6 ^{bB}	140,7 ± 5,9 ^{aA}
4	101,1 ± 4,5 ^{bA}	102,6 ± 4,3 ^{aA}
6	111,9 ± 0,1 ^{bA}	105,9 ± 16,4 ^{aA}
8	103,5 ± 1,0 ^{bA}	121,1 ± 16,0 ^{aA}
10	109,1 ± 3,8 ^{bA}	106,8 ± 3,3 ^{aA}

¹Média ± desvio padrão;

²Letras minúsculas diferentes na vertical indicam diferença significativa entre os tratamentos a nível de 5%

³Letras maiúsculas diferentes na horizontal indicam diferença significativa a nível de 5%.

Nota-se um crescente aumento na disponibilidade de ferro nos feijões crus irradiados, exceto nos que receberam a dose de 8kGy, que não varia dos que receberam tratamentos com as doses de 4 e 6kGy. O maior valor foi obtido nos grãos que sofreram a mais elevada radiação (1,44%) (Tabela 3).

Nos grãos que receberam tratamento com a dose de 2kGy, encontra-se a menor porcentagem de ferro dialisado dentre os feijões cozidos. Os grãos que receberam tratamento com dose de 10kGy apresentaram o maior valor encontrado, esse é estatisticamente igual aos grãos que sofreram irradiação nas doses de 6 e 8kGy e controle, porém diferem dos que foram submetidos as doses de 2 e 4kGy (Tabela 3). A seleção de vegetais com maior quantidade de ferro disponível é muito importante para aumento da quantidade de ferro em populações, já que é a deficiência nutricional mais comum em todo mundo, não somente considerando áreas geográficas onde a alimentação é escassa, mas também considerando áreas onde há excedente [22]. Os maiores valores encontrados com o aumento da dose de irradiação podem estar ligados aos aminoácidos livres e peptídios que se formam com o aumento da dose podendo formar complexos com o ferro melhorando a sua absorção.

BRIGIDE [3] estudando feijões Carioca, obteve os melhores resultados de disponibilidade de ferro *in vitro* na dose 6kGy tanto para grãos crus como cozidos, que tiveram o mesmo comportamento quanto às doses de radiação.

A cocção favorece a disponibilidade de ferro em feijões Carioca [3]. Na variedade Diamante Negro isso também ocorreu, exceto na dose 2kGy que não obteve diferença significativa entre grãos crus e cozidos. Tal comportamento se explica pelo fato da concentração de fitato na leguminosa influenciar na disponibilidade de ferro, lembrando que a ação térmica excedente é degradante para antinutricionais [22]. Nas variedades de feijões verdes com vagem analisados por MARTINEZ et al. [22], a porcentagem de ferro disponível variou de 1,6 a 9,9, valores sempre acima aos encontrados para os feijões Diamante Negro, que variou de 0,8 a 1,4% para os crus e de 0,9 a 1,6% para os autoclavados.

TABELA 3. Disponibilidade de ferro (%) em feijões preto irradiado nas doses 2, 4, 6, 8, 10kGy e não irradiado.

Doses kGy	Cru	Cozido
0	0,84 ± 0,1 ^{d2 B3}	1,40 ± 0,1 ^{ab A}
2	0,94 ± 0,0 ^{cd A}	0,91 ± 0,0 ^{c A}
4	1,04 ± 0,0 ^{c B}	1,22 ± 0,0 ^{b A}
6	1,28 ± 0,0 ^{b B}	1,45 ± 0,0 ^{a A}
8	1,09 ± 0,0 ^{c B}	1,37 ± 0,2 ^{ab A}
10	1,44 ± 0,0 ^{a B}	1,57 ± 0,0 ^{a A}

¹Média ± desvio padrão;

²Letras minúsculas diferentes na vertical indicam diferença significativa entre os tratamentos a nível de 5%;

³Letras maiúsculas diferentes na horizontal indicam diferença significativa a nível de 5%.

3.3 – Fatores antinutricionais

3.3.1 – Taninos e ácido fítico

Para os feijões pretos Diamante Negro não se observa uma relação entre teor de taninos e a intensidade de radiação recebida pelos grãos, o maior teor de taninos foi na dose de 8kGy (1,43%*mEq* de catequina) e a menor na dose de 2kGy (0,62%*mEq* de catequina).

VILLAVINCENCIO et al. [42] em feijões Carioca e Macaçar, verificaram que com o aumento da dose irradiada ocorre a diminuição do teor de taninos em grãos crus e cozidos, esse comportamento se repetiu nos feijões Carioca crus estudados por PINN [30]. Para os grãos crus vr. Carioca VILLAVINCENCIO et al. [42] obtiveram os seguintes resultados em %*mEq* catequina: 0,18 na dose 0 e 0,5kGy; 0,17 na dose 1kGy; 0,16 na dose 2,5kGy; 0,14 nas doses 5kGy e 10kGy. Os feijões cozidos tiveram uma diminuição no teor de taninos comparado aos crus, na dose 1kGy (0,15); 2,5kGy (0,15); 5kGy (0,13) e 10kGy (0,10), causada pela ação do processo de cocção nestes grãos. A diminuição dos teores de taninos podem ser explicadas devido a alterações nos compostos da parede celular pela alta temperatura ou pela decomposição de certos compostos fenólicos.

Nos feijões em questão a irradiação teve pequeno efeito no conteúdo de antinutricionais, não proporcionando melhor qualidade e promovendo disponibilidade de elementos minerais. Já a cocção teve ação altamente desejável na redução de taninos ficando abaixo do nível de detecção do método aplicado. A redução no teor de taninos é muito favorável, pois este fator antinutricional tem a capacidade de reduzir drasticamente a digestibilidade, na proporção de 5:1, taninos/proteína, toda proteína é precipitada pela ação dos taninos [31]. CARVALHO et al. [5] analisando feijões cozidos cv. Carioca 80 irradiados nas doses 0,5 e 1,0kGy, também não observaram atividade antinutricional estando portando, isentos dos fatores tóxicos de ocorrência natural dessa leguminosa, assim como a variedade Diamante Negro.

TABELA 4. Teor de fitato (mg/g) e taninos (%*mEq* de catequina) na matéria seca em feijão preto irradiado nas doses 2, 4, 6, 8, 10kGy e não irradiado.

Doses kGy	Cru		Cozido
	Taninos	Fitato	Fitato
0	0,93 ± 0,2 ^{bc}	8,02 ¹ ± 0,0 ^{a2 B3}	9,64 ± 0,2 ^{b A}
2	0,62 ± 0,1 ^d	7,20 ± 0,2 ^{b B}	8,78 ± 0,3 ^{c A}
4	0,91 ± 0,1 ^{bc}	6,22 ± 0,3 ^{c B}	9,36 ± 0,2 ^{b A}
6	0,80 ± 0,1 ^{cd}	6,13 ± 0,2 ^{c B}	9,64 ± 0,2 ^{b A}
8	1,43 ± 0,1 ^a	5,04 ± 0,0 ^{dB}	10,27 ± 0,1 ^{a A}
10	1,12 ± 0,0 ^b	6,38 ± 0,0 ^{c B}	7,78 ± 0,0 ^{d A}

¹Média ± desvio padrão;

²Letras minúsculas diferentes na vertical indicam diferença significativa entre os tratamentos a nível de 5%;

³Letras maiúsculas diferentes na horizontal indicam diferença significativa a nível de 5%.

A casca é a porção da semente onde se encontra taninos em maior abundância, dessa forma grãos, me-

nores terão maior concentração de taninos em uma mesma massa [17, 23]. MEJÍA et al. [24], GUZMÁN-MALDONADO & CASTELLANOS [17] ainda observaram que diferentes locais de plantio e diferentes variedades alteram a concentração de taninos variando de 0,6 a 4,4 (%mEq de catequina), nos feijões Diamante Negro crus encontra-se uma variação de 0,6 a 1,4 (%mEq de catequina) concordando com a literatura.

O ácido fítico, em condições naturais nos alimentos tem a capacidade de associar-se a cátions ou proteínas devido à carga negativa da molécula. Em pH levemente ácido ou neutro, os seis grupamentos fosfato da molécula de ácido fítico expõem suas 12 cargas negativas, favorecendo a complexação direta ou indireta desta molécula com cátions bivalentes (Ca, Fe, Zn, Mg, Cu), também com amido, proteínas e enzimas, podendo alterar a digestibilidade e absorção destes nutrientes [6, 29].

No estudo realizado por VILLAVICENCIO et al. [42] nas variedades de feijões Carioca e Macaçar ocorreu a diminuição da quantidade de fitato com o aumento das doses. A variedade estudada neste trabalho teve o mesmo comportamento para os feijões crus até o tratamento que recebeu a dose de 8kGy. Os grãos cozidos não obedeceram esta tendência, porém os feijões que foram submetidos a maior dose apresentou o menor valor. Na mesma dose, os feijões pretos cozidos tiveram maior concentração de ácido fítico que os crus, VILLAVICENCIO et al. [42] e BRIGIDE [3] também verificaram aumento da concentração de fitato nos grãos autoclavados (Tabela 4).

CUNHA, SGARBIERI & DAMASIO [8] constataram que em feijão preto estocado por 6 meses a 30°C e 75% de umidade relativa do ar, houve redução do teor de fitato a 50% do valor original encontrado no controle.

Na prática, a concentração de fitato encontrada no feijão não reduz a qualidade do alimento, como demonstra OLIVEIRA et al [27] que não obteve diferença de crescimento em ratos alimentados com dieta de caseína, nas concentrações iguais ou até oito vezes superiores àquelas encontradas no feijão-comum *Phaseolus vulgaris*, cultivar IAC-Carioca (14,7mg de ácido fítico/g feijão cru).

4 – CONCLUSÕES

Para as condições utilizadas nessa pesquisa pode-se concluir que:

- na digestibilidade da proteína nos grãos crus houve diminuição com o aumento da dose de radiação empregada e para os grãos cozidos não houve relação com a dose empregada;
- para a biodisponibilidade de ferro concluiu-se que a maior dose de irradiação resultou os melhores valores tanto para os feijões crus como cozidos. A cocção foi favorável à disponibilidade de ferro (na dose 2kGy foram significativamente iguais);
- quanto maior a dose de radiação empregada menor o teor de ácido fítico nos grãos (exceto na dose 8kGy). A cocção promoveu aumento no teor de fitato;

- para taninos, o processo de cocção diminuiu o teor abaixo do nível de detecção e para o cru não houve influência da irradiação de acordo com o aumento da dose;
- devido aos resultados obtidos nessa pesquisa podemos considerar que a irradiação nas doses utilizadas não compromete o valor nutricional do feijão preto variedade Diamante Negro, e no caso da disponibilidade de ferro ocorre aumento (melhora) na maior parte das doses empregadas.

5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AKESON, W.R.; STAHMANN, M.A. A pepsin pancreatic digest index of protein quality evaluation. **J. Nutr.**, v. 83, p. 257-261, 1964.
- [2] BESANCOM, P. Nutritional value of dried pulses and leguminous proteins. **Rev. Fr. Diet.**, v. 22, n. 84, p. 5-17, Resumo, 1978.
- [3] BRIGIDE, P. **Disponibilidade de ferro em grãos de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) irradiados**. Piracicaba, 2002, 58p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Brasil.
- [4] CARPENTER, C.E.; MAHONEY A.W. Contributions of heme and nonheme iron to human nutrition. **Crit. Rev. Food Sci. Nutr.**, v. 31, n. 4, p. 333-367, 1992.
- [5] CARVALHO, M.R.B.; MC GINNIS, J.; SILVA, M.A.; PEREIRA, A.; SGARBIERI, V.C.; TAVARES, D.Q. Efeito da irradiação (raios gama) sobre as propriedades físicas, sensoriais e nutricionais dos grãos de feijão. **Pesquisa Agr. Brasil**, v. 26, p. 1663 – 1672, 1991.
- [6] CHERYAN, M. Phytic acidinteractions in food systems. **Crit. Rev. Food Sci. Nutr.**, v. 13, n. 4, p. 297-335, 1980.
- [7] COELHO, C.M.M.; SANTO, J.C.P.; TSAI, S.M. ET AL. Seed phytate content and phosphorus uptake and distribution in dry bean genotypes. **Braz. J. Plant. Physiol.**, v. 14, n. 1, p. 51-58, 2002.
- [8] CUNHA, M.F.; SGARBIERI, V.C.; DAMASIO, M.H.; Effects of pretreatment with gamma-rays or microwaves on storage stability of dry beans. **J. Agr. Food. Chem.**, v. 41, p.1710 – 1715, 1993.
- [9] DELINCÉE, H.; VILLAVINCENCIO, A.L.C.H.; MANCINI, J.F. Protein quality of irradiated brazilian beans. **Radiat. Phys. Chem.**, v. 52, nos 1-6, p. 43-47, 1998.
- [10] DIEHL, J.F. Safety of irradiated foods. New York: Marcel Dekker, 454 p. 1995.
- [11] DUARTE, M.S.O.L. **Digestibilidade in vitro e in vivo de proteínas de feijão preto**. Viçosa, 1999, 63 p. Dissertação (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa, Brasil.
- [12] EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). In:___EMBRAPA Arroz e Feijão. Brasília, 2002. Disponível em: <http://www.cnpaf.embrapa.br/pesquisa/d_negro.htm>
- [13] ESTEVES, A.M. **Comparação química e enzimática de seis linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**, Lavras, 2000, 55p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Lavras.
- [14] FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). Latinfoods <http://www.rlc.fao.org/bases/alimento/> (01 Jul. 2003)

- [15] GRYNSPAN, F.; CHERYAN, M. Phytate-calcium interaction with soy protein. **J. Amer. Oil. Che. Soc.**, v. 66, n. 1, p. 93-97, 1989.
- [16] GUSTAFSSON, E.L.; SANDBERG, A.S. Phytate reduction in brown beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **J. Food Sci.**, v. 60, p. 149-152, 1995.
- [17] GUZMÁN-MALDONADO, H.; CASTELLANOS, J.; MEJÍA, E.G.; Relationship between theoretical and experimentally detected tannin content of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Food Chem.**, v. 55, n. 4, p. 333-335, 1996.
- [18] HOUSE, W.A.; WELCH, R.M.; BEEBE, S.; CHENG, Z. Potential for increasing the amounts of bioavailable zinc in dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) through plant breeding. **J. Sci. Food Agric.**, v. 83, n. 13, p. 1452-1457, 2002.
- [19] IAEA-TECDOC-642. Harmonization of regulations on food irradiation in the Americas. FAO, IAEA, WHO. Orlando, Florida, USA, 1992.
- [20] KIYUNA, I. Feijão: potencial da cultura para 1998/99. **Informações Econômicas** v. 28, n. 6, p. 57-59, 1998.
- [21] LUTEN, J.; CREWS, H.; FLYNN, A.; VAN DAEL, P.; KASRENMAYER, P.; HURRELL, R.; DEELSTRA, H.; SHEN, L.H.; FAIRWEATHER-TAIT, S.; HICKSON, K.; FARRÉ, R.; SCHLEMMER, U.; FROHLICH, W. Interlaboratory trial on the determination of the In vitro iron dialysability from food. **J. Sci. Food Agric.**, v. 72, n. 4, p. 415-424, 1996.
- [22] MARTÍNEZ, C.M.; ROS, G.; PERIAGO, M.J.; ORTUÑO, J.; LÓPEZ, G.; RINCÓN, F.; In vitro protein digestibility and mineral availability of green beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as influenced by variety and pod size. **J. Sci. Food Agric.**, v. 77, n. 3, p. 414-420, 1998.
- [23] MEJÍA, E.G.; MARTINEZ-RESENDIZ, V.; CASTÑO-TOSTADO, E.; LOARCA-PIÑA, G. Effect of drought on polyamine metabolism, yield, protein content and in vitro protein digestibility in tepary (*Phaseolus acutifolius*) and common (*Phaseolus vulgaris*) bean seeds. **J. Sci. Food Agric.**, v. 83, n. 10, p. 1022-1030, 2003.
- [24] MEJÍA, E.G.; GUZMÁN-MALDONADO, S.H.; ACOSTA-GALLEGOS, J.A.; REYNOSO-CAMACHO, R.; RAMÍREZ-RODRÍGUEZ, E.; PONS-HERNÁNDEZ, J.L.; GONZÁLEZ-CHAVIRA, M.M.; CASTELLANOS, J.Z.; KELLY, J.D. Effect of cultivar and growing location on the trypsin inhibitors, and lectins of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) grown in the semiarid highlands of Mexico. **J. Agric. Food Chem.**, v. 51, n. 20, p. 5962-5966, 2003.
- [25] MOLINA, M.R.; FUENTE, G. DE LA; BRESSANE, R. Interrelationships between storage, soaking time, cooking time, nutritive value and other characteristics of the black bean (*Phaseolus vulgaris*). **J. Food Sci.**, Chicago, v. 40, p. 587-591, 1975.
- [26] OKUBO, K.; MYERS, D.V.; IACOBUCCHI, G.A. Binding of phytic acid to glycinin **Cereal Chem.**, v. 53, n. 4, p. 513-524, 1976.
- [27] OLIVEIRA, A.C.; REIS, S.M.P.M.; CARVALHO, E.M.; PIMENTA, F.M.V.; RIOS, K.R.; PAIVA, K.C.; SOUSA, L.M.; ALMEIDA, M. ARRUDA, S.F.; Adições crescentes de ácido fítico à dieta não interferiram na digestibilidade da caseína e no ganho de peso em ratos. **Rev. Nutr.**, v. 16, n. 2. Campinas, 2003. Departamento de Planejamento Alimentar e Nutrição, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil.
- [28] OMOSAIYE, O.; CHERYAN, M. Low-phytate, full fat soy protein product by ultrafiltration of aqueous extracts of whole soybeans. **Cereal Chem.**, v.56, n. 2, p.58-62, 1979.
- [29] PALLAUF, J.; RIMBACH, G. Nutritional significance of phytic acid and phytate. **Ach. Animal Nutr.**, v. 50, n. 4, p. 301-310, 1997.
- [30] PINN, A.B.R.O. **Efeito das radiações gama sobre a disponibilidade do ferro em feijões (*Phaseolus vulgaris*)**. São Paulo, 1992, 129 p. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo.
- [31] PINO, V.H.D.; LAJOL, F.M.; Efecto inhibitorio de los taninos del frijol carioca (*Phaseolus vulgaris* L.), sobre la digestibilidad de la paseolina por dos sistemas multienzimáticos. **Cienc. Tecnol. Aliment.**, v. 23, n. 1, p. 49-53, 2003.
- [32] PRATTLE, C.A.; SATANLEY, D.W.; VOORT, F.R.V. Protein-phytate interactions in soybeans 2. mechanism of protein-phytate binding as affected by calcium. **J. Food Biochem.**, v.6, n.4, p. 255-271,1982.
- [33] PRICE, M.L.; HAGERMAN, A.E.; BUTLER, L.G. Tannin content of cowpeas, chickpeas, pigeon peas, and human mung beans. **J. Agric. Food Chem.**, v. 28, n. 2, p. 459-461, 1980.
- [34] REDDY, S.J.; PUBOLS, M.H.; MCGINNIS, J. Effect of gamma irradiation on nutrition value of dry field beans (*Phaseolus vulgaris* L.) for chicks. **J. Nutr.**, v. 109, n. 7, p. 1307-1312, 1979.
- [35] ROSTON, A.J. Feijão. **Boletim Técnico CATI**, n. 199, Campinas (SP), p. 1-18, 1990.
- [36] SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba-SP, Livro ESALQ-USP, Edusp, 56 p. 1974.
- [37] SIMIC, M.G. Radiation chemistry of amino acids and peptides in aqueous solutions. **J. Agric. Food Chem.**, v. 26, p. 6-14, 1978.
- [38] TABELA de composição de alimentos Faculdade de Ciências Farmacêuticas, 2003, Universidade de São Paulo. <http://www.fcf.usp.br/tabela>.
- [39] UMMADI, P.; CHENOWETH, W.L.; VEBEERSAX, M.A. The influence of extrusion processing on iron dialysability, phytates and tannins in legumes. **J. Food Process. Reserv.**, v. 19, p. 119-131, 1995.
- [40] UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA)-**Food and Nutrition Information Center**. 2003. <http://www.nal.usda.gov/fnic>
- [41] VAN DOKKUM, W. Significance of iron bioavailability for iron recommendations. **Boil. Tr. Elem. Res.**, v. 35, p.1-11, 1992.
- [42] VILLAVINCENCIO, 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. **Rad. Physics and Chem.**, v. 57, p. 289-293, 2000.
- [43] WISE, A. Phytate and zinc bioavailability. **J. Food Sci. Nutr.**, v. 46, n. 1, p. 53-63, 1995.

6 – AGRADECIMENTOS

Ao Departamento de Solos e Nutrição de Plantas pelo auxílio na análise de ferro.