

EFEITOS DA IRRADIAÇÃO (RAIOS γ) SOBRE AS PROPRIEDADES FÍSICAS, SENSORIAIS E NUTRITIVAS DOS GRÃOS DE FEIJÃO¹

MARIA REGINA B. CARVALHO², MARIA APARECIDA A.P. DA SILVA RODRIGUES³, DÉBORA Q. TAVARES⁴, JAMES MCGINNIS⁵ e VALDEMIRO C. SGARBIERI⁶

RESUMO - Grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L. cv. Carioca 80) com um ano de estocagem em câmara seca (12°C, 50% UR) foram submetidos a irradiação gama (500 e 1.000 krad). Comparado com o feijão não-irradiado, a irradiação com 500 krad aumentou a velocidade e a capacidade de hidratação dos grãos, reduziu o tempo de cocção a 1/3, havendo, entretanto, uma diminuição da qualidade sensorial em relação ao aparecimento de odor estranho e diminuição do odor típico de feijão cozido. A dureza dos grãos irradiados foi menor aos 10 e 20 min. de cocção em panela de pressão, não diferindo da dos não-irradiados aos 30 min. de cocção. Não foram detectadas diferenças entre os dois níveis de irradiação. A irradiação com 1.000 krad não afetou o quociente de eficiência protéica, porém diminuiu a digestibilidade, o valor biológico e a utilização líquida da proteína. Quando a metionina foi adicionada à dieta (2% da proteína), o efeito negativo da irradiação foi eliminado. A ingestão de dieta e o ganho de peso foram maiores para os ratos que receberam feijão irradiado suplementado com metionina, comparado com o não-irradiado também suplementado.

Termos para indexação: *Phaseolus vulgaris*, Carioca 80, valor protéico, radiação gama.

EFFECT OF IRRADIATION (γ -RAYS) ON THE PHYSICAL, SENSORY AND NUTRITIVE PROPERTIES OF BEAN SEEDS

ABSTRACT - Dry beans (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Carioca 80) which had been stored for one year at 12°C one year at 12°C and 50% RH were submitted to gamma irradiation (500 and 1000 krad). Compared to nonirradiated bean, irradiation with 500 krad increased hydration capacity and velocity and reduced the cooking time to 1/3. A decrease in natural cooked bean odor and appearance of off-odor, was noticed. The hardness of irradiated beans was significantly lower than nonirradiated at 10 and 20 min of cooking in pressure cooker. There was no difference between the two after 30 min cooking. No differences were detected between the two levels of irradiation. Irradiation with 1000 krad did not affect the protein efficiency ratio but it did affect negatively the digestibility, the biological value and the net protein utilization. When methionine was added (2% of the protein) to the diet, the negative effects of irradiation were eliminated. Diet consumption and body weight gain improved for the rats fed on diet containing irradiated beans supplemented with methionine, when compared with rats fed the diet containing nonirradiated beans equally supplemented with methionine.

Index terms: *Phaseolus vulgaris*, Carioca 80, protein value, gamma irradiation.

INTRODUÇÃO

A aplicação de energia em forma de radiações ionizantes é um dos métodos bastante promissores de tratamento dos alimentos visando a sua conservação e evitando perdas desnecessárias. Foi o desenvolvimento dos reatores nucleares, após a década de 1950, que levou os pesquisadores a estudar as inúmeras possibilidades industriais de aplicação de ra-

¹ Aceito para publicação em 30 de janeiro de 1991.

² Mestre, Prof²-Assistente, Faculdade de Ciências Agrônomicas e Veterinárias/UNESP, CEP 14870 Jaboticabal, SP.

³ Mestre, Prof²-Assistente, Universidade Estadual de Campinas, CEP 13100 Campinas, SP.

⁴ Dr², Prof²-Assistente, Universidade Estadual de Campinas.

⁵ Ph.D., Prof.-Titular (Visitante) Universidade do Estado de Washington, Pullman, EUA.

⁶ Ph.D., Prof.-Titular, Universidade Estadual de Campinas.

radioisótopos. Um fluxo de nêutrons é utilizado a fim de produzir radioisótopos gama-emissores, tais como o cobalto 60 e o Césio 137.

O cobalto 60 (^{60}Co) tem sido mais usado na irradiação de alimentos por emitir radiações de maior energia. Possui duas emissões gama, de 1,17 e 1,33 MeV, com meia-vida de 5,3 anos. O Césio 137, embora possua meia-vida de 30,2 anos, tem emissão gama de apenas 0,66 MeV.

A irradiação gama tem sido usada em quase todo o mundo civilizado na desinfecção e esterilização parcial de produtos de origem animal, frutas, hortaliças e grãos, em substituição aos inseticidas e ao calor (Moy 1985). A maior vantagem da irradiação, comparada com a dos agrotóxicos, é que a irradiação não deixa resíduo nos alimentos, e, quando aplicada em doses baixas e controladas, não produz efeito tóxico ao organismo que recebe o alimento irradiado. A Agência Internacional de Energia Atômica recomenda aplicação de radiações de baixa energia, máximo de 5 MeV, o que garante perfeita salubridade dos alimentos. Portanto, a irradiação de um alimento a partir do cobalto 60 representa completa impossibilidade de o produto se tornar radiativo.

Tendo em vista o grande número de testes de segurança já realizados com produtos alimentícios em várias partes do mundo, a Agência Internacional de Energia Atômica resolveu, em 1978, em conjunto com a Organização Mundial de Saúde, liberar todo e qualquer alimento irradiado em doses de até 10 KGy (igual 1.000 krad ou 1 Mrad).

Além do uso da irradiação para desinfecção e esterilização parcial de alimentos (Moy 1985, Cabrera & Carrasco 1978, Wiendl 1983), várias pesquisas têm sido conduzidas visando estudar os efeitos da irradiação sobre as propriedades nutricionais e funcionais dos alimentos tratados (Yousri & Harmuth-Hoene 1979, Untawale & McGinnis 1979, Reddy et al. 1979, Reddy et al. 1980, Patel et al. 1980, Patel & McGinnis 1980, Jami et al. 1980, Paredes-López & Covarrubias-Alvarez 1984, Rao & Vakil 1985).

Foram descritos, neste trabalho, os efeitos

da irradiação gama sobre algumas propriedades físicas, sensoriais e nutritivas dos grãos de feijão da cultivar Carioca 80, e interpretados à luz de trabalhos semelhantes descritos na literatura.

MATERIAL E MÉTODOS

Grãos de feijão da cultivar Carioca 80 com um ano de estocagem em câmara seca (12°C, 50% UR) foram submetidos a irradiação gama nos níveis de 500 e 1.000 krad. O tratamento foi feito utilizando-se de uma fonte de cobalto-60 (^{60}Co), pela firma EMBRARAD, em São Paulo. As amostras de grãos tratados e a amostra controle (não-irradiada) foram colocadas em frasco de vidro hermeticamente fechados e guardadas em geladeira (4-5°C), ao abrigo da ação da luz durante o desenrolar dos experimentos.

Grãos de feijão irradiados e não-irradiados foram examinados ao microscópio para estudo de possíveis alterações morfológicas pelo efeito da irradiação. Para tal, os cotilédones foram seccionados manualmente em cortes finos. Alguns cortes, imersos em mistura de água e glicerina (Jensen 1962), foram diretamente examinados ao microscópio sob luz comum ou luz polarizada; outros, foram tratados com solução alcoólica de Sudan a 1%; outros, ainda, foram lavados seguidamente em água para esvaziar o conteúdo celular, corados em solução aquosa a 0,05% de azul de metileno, desidratados e montados em preparação permanente sobre lâminas.

A velocidade e o grau de hidratação dos grãos irradiados (500 e 1.000 krad) e não-irradiados foram determinados pelo método proposto por Morris et al. (1950). O volume de água absorvida pelos grãos (50g) foi estimado pela medição indireta, em proveita. Utilizou-se, na embebição, uma relação peso de grãos/volume de água (1:4 p/v). As observações foram feitas em triplicata, utilizando-se a média das três observações.

O tempo de cocção para os grãos de feijão armazenados por um ano, não-irradiados e irradiados com 500 e 1.000 krad, foi determinado utilizando-se um penetrômetro semelhante ao de Burr (Burr et al. 1968). Os macerados em água destilada por doze horas, foram colocados no aparelho e submetidos ao cozimento em água fervente e pressão atmosférica. As sementes foram previamente examinadas ao microscópio, permitindo o descarte daquelas que apresentaram rachadura no tegumento.

A textura ou dureza dos grãos de feijão com diferentes tempos de cocção foi avaliada pelo texturô-

metro de Kramer, usando célula padrão de cisalhamento. Os grãos foram previamente embebidos em água destilada, por doze horas, seguindo-se a cocção (10 g) de grãos. Para cada amostra foram feitas quatro determinações, a partir das quais calcularam-se os valores médios. Os resultados em libras-força são obtidos pela força máxima registrada, dividida pelo peso de amostra contida na célula.

A avaliação sensorial dos atributos aroma e aparência dos grãos e do caldo foi realizada utilizando-se uma equipe de oito provadores selecionados e treinados. Para avaliação sensorial, os grãos previamente embebidos em água destilada por doze horas foram cozidos por 30 minutos, a 115°C, em Erlenmeyer de 125 ml, tampado. As amostras foram servidas em béqueres de 50 ml, codificados, tampados e colocados em bandejas térmicas mantidas à temperatura de 45°C durante a prova. A avaliação da qualidade foi feita para aroma natural de feijão cozido e para intensidade de odores estranhos. Utilizou-se uma escala hedônica de categoria não-estruturada, representada por uma linha de 10 cm, ancorada nas extremidades esquerda e direita, nos termos fraco e forte, respectivamente. A impressão global do aroma foi avaliada utilizando-se escala hedônica não estruturada de 10 cm, delimitada em suas extremidades esquerda e direita pelos termos "desagradável" e "agradável", respectivamente. A aparência dos grãos e do caldo foi também avaliada com auxílio de uma escala hedônica de 10 cm, como descrita anteriormente.

Os efeitos da irradiação sobre o valor protéico dos grãos de feijão foram estudados através de ensaios biológicos usando cinco ratos machos por tratamento, da linhagem Wistar (peso corporal médio 40g), com 25 dias de idade no início do ensaio. A temperatura do biotério foi mantida a $21 \pm 2^\circ\text{C}$ com períodos alternados de luminosidade, e escuro de doze horas. Foram determinados o quociente de eficiência protéica (PER), a digestibilidade aparente da proteína (D_A), o valor biológico aparente (VB_a) e a utilização líquida da proteína (NPU). A composição percentual das dietas experimentais em termos de seus componentes é mostrada na Tabela 1.

O PER (Quociente de Eficiência Protéica) é definido como o ganho de peso por unidade de proteína ingerida para uma dieta com 10% de proteína (AOAC 1975). A digestibilidade aparente da proteína é medida pela diferença entre o N ingerido e o excretado nas fezes (Wolzak et al. 1981). O valor biológico aparente é calculado pela relação entre o N absorvido e o N retido no organismo (Mitchell

1923/1924), e o NPU é o quociente entre o N retido no organismo pelo N ingerido, podendo também ser estimado multiplicando-se a percentagem de digestibilidade pelo valor biológico.

A determinação da proteína nas dietas para fins de cálculo do quociente de eficiência protéica e do balanço de N foi feita pelo processo micro-Kjeldahl de acordo com AOAC (1975), multiplicando-se a percentagem de N pelo fator 6,25.

A atividade antitriptica dos grãos irradiados e não-irradiados foi testada nas farinhas, após cozimento dos grãos pelo método de Kakade et al. (1969), e a atividade hemaglutinante, pelo método de Moreira (1975).

Com base na Tabela 1, foram preparadas as seguintes dietas experimentais: A, feijão irradiado (1.000 krad), sem adição de metionina; B, feijão

TABELA 1. Composição das dietas experimentais preparadas com feijão irradiado (1.000 krad) e com feijão não-irradiado (controle)⁵.

Componente	Percentagem dos componentes
Farinha de feijão ¹	86
Óleo de soja	8
Mistura de sais minerais ²	4
Mistura vitamínica ³	2
Metionina ⁴	-

¹ Grãos de feijão irradiados (1.000 krad) e não-irradiados foram macerados por doze horas e cozidos em água fervente e pressão atmosférica por 23 e 61 minutos (tempo de cocção determinado no penetrômetro de Burr), respectivamente.

² Segundo Rogers & Harper (1965).

³ Segundo Nutritional Biochemicals Corporation (1977/78).

⁴ Adicionada à farinha de feijão não-irradiado (um dos controles) e à de feijão irradiado (um dos tratamentos) na base de 2% da proteína.

⁵ As dietas assim preparadas continham: proteína (Nx6,25), 17%; lipídios totais, completando os já existentes na farinha de feijão com óleo de soja, 8%; misturas mineral e vitamínica foram adicionadas para atender às necessidades do rato, sem considerar as já existentes nos grãos; carboidrato, cerca de 60% da dieta, proveniente do próprio feijão.

não-irradiado, sem adição de metionina; C, feijão não-irradiado, com adição de metionina; e; D, feijão irradiado (1.000 krad), com adição de metionina.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das observações microscópicas de feijões irradiados e não-irradiados são mostrados nas fotos 1, 2 e 3 (Fig. 1). Por microscopia óptica não foram observadas diferenças estruturais dos grãos de feijão irradiados em relação aos não-irradiados (controle). As paredes celulares do parênquima de reserva dos cotilédones são, nestas leguminosas, muito perfuradas (Cutter 1978), e as células se comunicam através destas perfurações e através de uma rede de espaços intercelulares. Esta estrutura típica está evidenciada nas fotos 1 e 2. Com a remoção do conteúdo celular e auxílio da coloração pelo azul de metileno, evidenciaram-se melhor as perfurações das paredes celulares (foto 3). Estas duas estruturas descritas facilitam a embebição e o deslocamento do material de reserva dos cotilédones que, neste estudo, não evidenciaram nenhuma alteração pela irradiação. O material intracelular também não mostrou alteração, quer sob luz comum, quer sob luz polarizada, e os lipídios evidenciados pelo corante Sudan mostravam-se homoganeamente distribuídos entre os componentes celulares.

A velocidade e as características de hidratação de grãos de feijão irradiados (500 e 1.000 krad) e não-irradiados são mostradas na Fig. 2. Até uma hora e meia de embebição não houve diferença estatística entre os tratamentos. A partir de uma hora e meia, os grãos irradiados absorveram mais água que os não-irradiados, sendo a diferença estatisticamente significativa ao nível de 5%. A velocidade de hidratação foi bastante rápida até cinco horas de embebição, e bem mais lenta a partir daí, tanto para as amostras irradiadas como para o controle. As amostras irradiadas (500 e 1.000 krad) não apresentaram diferença na velocidade e capacidade de hidratação. Após treze horas de embebição, as amostras irradiadas haviam absorvido 110% de seu peso em

água, e a não-irradiada, pouco menos de 110%.

O tempo de cocção da amostra não irradiada (controle) foi de 61 minutos, enquanto que para as amostras irradiadas (500 e 1.000 krad) foi de 23 minutos, não havendo diferença entre os dois níveis de irradiação.

Na Fig. 3 observam-se os efeitos da irradiação sobre a dureza dos grãos dada em libras-força. A irradiação produziu amolecimento dos grãos de feijão, em relação ao controle, aos 10 e 20 minutos de cocção, não havendo diferença aos 30 minutos. Aos 10 e 20 minutos de cocção, os grãos irradiados (500 e 1.000 krad) foram significativamente mais moles que os não-irradiados, não tendo havido diferença significativa entre os grãos irradiados com 500 e 1.000 krad.

Com relação aos atributos sensoriais (Tabela 2), a irradiação provocou um decréscimo significativo do odor natural de feijão cozido, bem como da impressão global do odor, ao mesmo tempo que provocou aumento de odor estranho. A aparência dos grãos e do caldo melhorou com a irradiação.

Observando os dados da Tabela 2, verifica-se que feijões irradiados com 500 e 1.000 krad diferiram significativamente ($p=0,05$) do feijão não-irradiado, com relação ao odor natural e odor estranho dos grãos cozidos. Não houve diferença significativa entre os dois níveis de irradiação. Os grãos irradiados com 500 krad não diferiram dos grãos não-tratados em relação à impressão global do odor, aparência do caldo e aparência dos grãos cozidos.

Alterações semelhantes foram reportadas por Rao & Vakil (1985) para quatro espécies diferentes de grãos de leguminosas irradiados com doses de 100, 250, 500 e 1.000 krad. Verificou-se um aumento da capacidade de hidratação, diminuição da dureza e do tempo de cocção dos grãos pela ação dos raios gama. Estes autores encontraram também uma diminuição na "viscosidade máxima" de gelatinização do amido em função dos níveis de irradiação.

Os dados relativos às propriedades físicas e

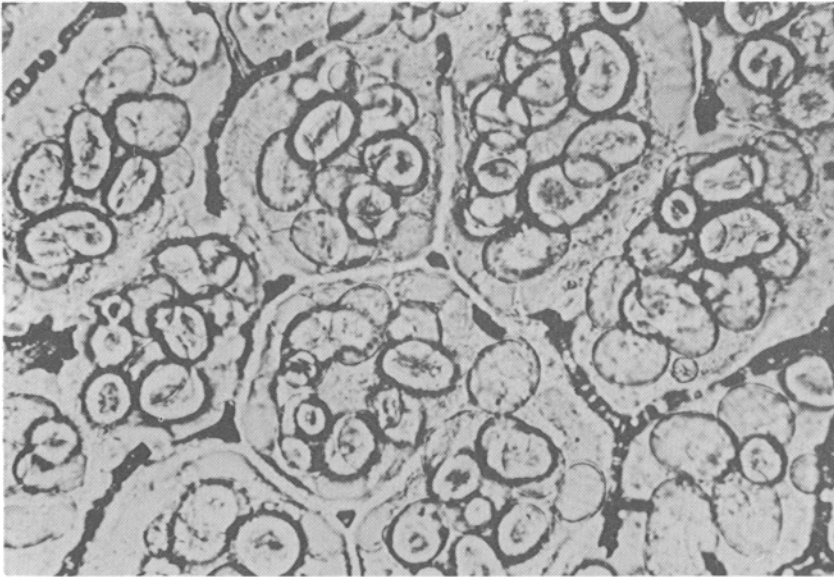


Fig. 1 (Foto 1): Grãos de feijão irradiados (500 krad) 180X. Preparação hidratada. Os espaços intercelulares são evidenciados sobretudo nos tecidos que apresentam bolhas internas de ar. Os grãos de amido predominam em volume no conteúdo celular.

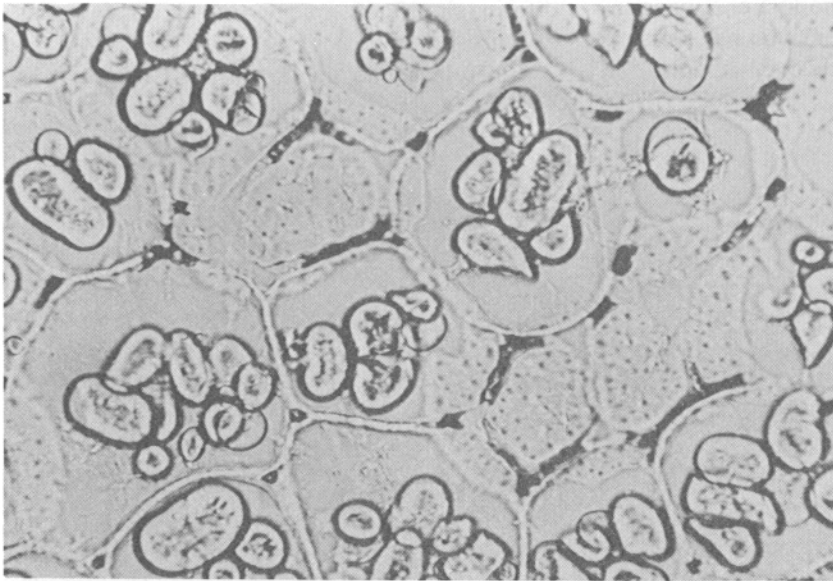


Fig. 1 (Foto 2): Grãos de feijão não-irradiados, 180X. Preparação hidratada. Esvaziamento parcial dos grãos de amido, evidenciando a parede celular com numerosas perfurações.

sensoriais dos grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris*), cultivar Carioca 80, mostraram que os grãos de amido e as paredes das células cotiledonares não se alteram de maneira visível ao microscópio óptico, pela irradiação gama nas doses de 500 e 1.000 krad. A capacidade de absorção de água pelos grãos irradiados ficou aumentada a partir de uma hora e meia a duas horas de embebição em água destilada. O tempo de cocção dos grãos irradiados ficou diminuído a aproximadamente 1/3 do requerido para os grãos não-irradiados. A dureza dos grãos medida em um texturômetro foi diminuída significativamente nos grãos irradiados para tempos de cocção até 20 minutos. A irradiação dos grãos ao nível de 500 krad alterou desfavoravelmente as características de odor dos grãos de feijão, embora tivesse melhorado a sua aparência.

As dietas preparadas para os ensaios biológicos, de acordo com a Tabela 1, continham 17% de proteína e não apresen-

tavam nenhuma atividade antitriptica e hemaglutinante, estando, portanto, isenta dos fatores tóxicos de ocorrência natural nos feijões.

O consumo de dieta por rato, do quinto ao vigésimo oitavo dia do ensaio, pode ser observado nas curvas da Fig. 4, e o ganho de peso, na Fig. 5. O consumo médio de ração, no final do ensaio, foi superior (320,2 g/rato) para o grupo alimentado com a dieta D, contendo

feijão irradiado (1.000 krad) e adição de metionina, seguindo-se a dieta C, contendo feijão não-irradiado com adição de metionina (269,8 g/rato), e dieta B, com feijão não-irradiado e sem adição de metionina com um consumo de 239,8 g/rato. O consumo nas dietas B e C não diferiu estatisticamente entre si,

porém ambas diferiram da dieta D, ao nível de 5% de significância. A dieta A, contendo feijão irradiado sem suplementação com metionina, foi a que mostrou menor consumo e diferiu significativamente ($p=0,05$) de todas as outras.

Em relação ao ganho de peso (Fig. 5), as

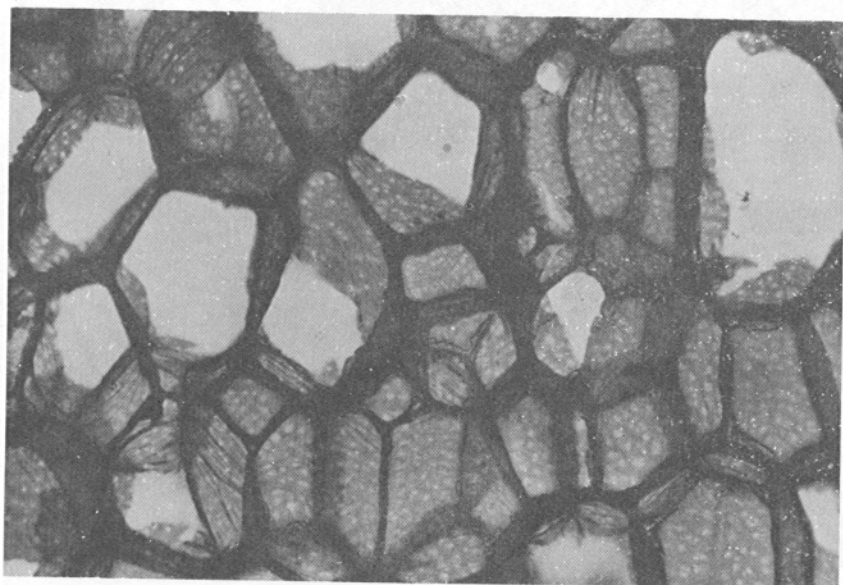


Fig. 1 (Foto 3): Feijão irradiado (500 krad) 180X. Cortes esvaziados do conteúdo celular. Paredes celulares evidenciadas pelo azul de metileno.

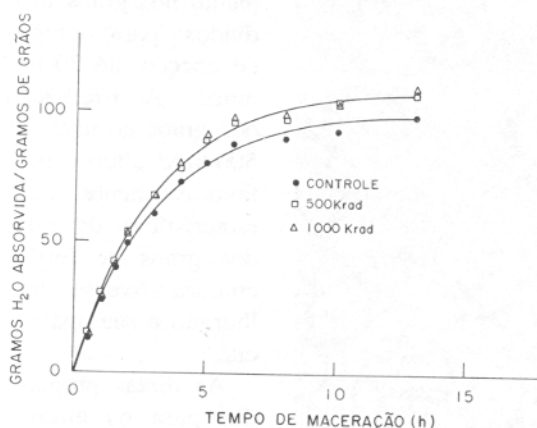


Fig. 2. Velocidade e características de hidratação dos grãos de feijão Carioca 80 não-irradiados (controle) e irradiados (500 e 1.000 krad).

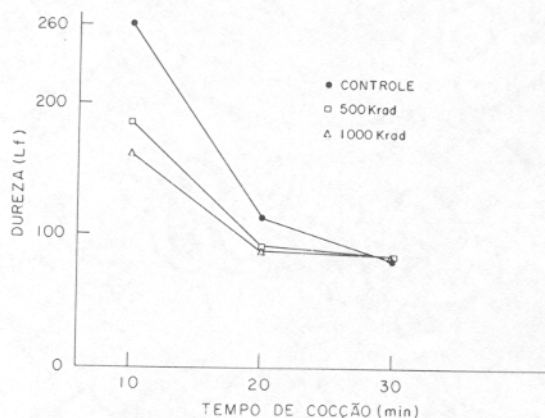


Fig. 3. Dureza relativa do feijão Carioca 80 não-irradiado (controle) e irradiado (500 e 1.000 krad) em função do tempo de cocção em panela de pressão.

TABELA 2. Influência da irradiação em atributos sensoriais dos grãos de feijão cozidos.

Atributos	Níveis de irradiação		
	Controle	500 krad	1.000 krad
Odor natural	4,12 ^a	2,97 ^b	2,89 ^b
Odor estranho	3,91 ^a	5,52 ^b	5,48 ^b
Impressão global	4,64 ^a	3,48 ^{ab}	3,32 ^b
Aparência dos grãos	5,08 ^a	5,26 ^{ab}	5,50 ^b
Aparência do caldo	4,83 ^a	5,53 ^{ab}	5,78 ^b

a,b Letras diferentes tomadas na horizontal indicam diferença estatisticamente significante ($p=0,05$).

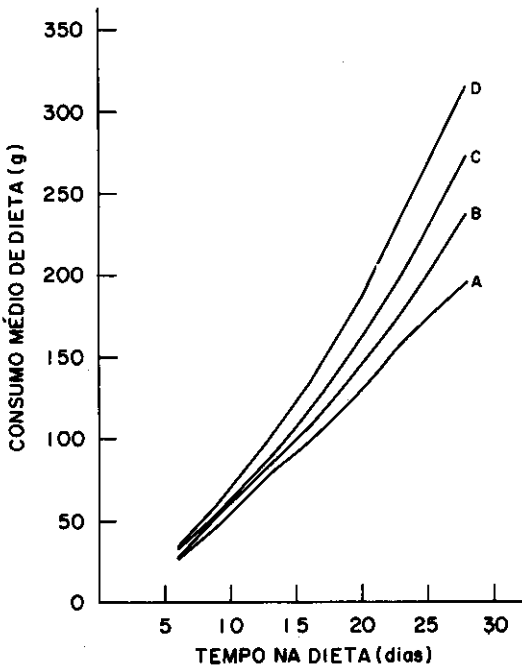


Fig. 4. Consumo médio de dieta em função do tempo por ratos nas seguintes dietas: A, feijão irradiado (1.000 krad) sem adição de metionina; B, feijão não irradiado sem adição de metionina; C, feijão não irradiado com adição de metionina; D, feijão irradiado (1.000 krad) com adição de metionina.

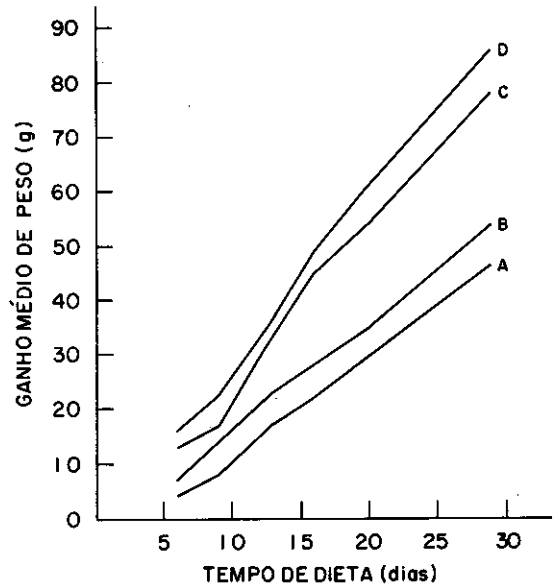


Fig. 5. Ganho médio de peso durante 28 dias por ratos alimentados com dietas: A, contendo feijão irradiado (1.000 krad) sem adição de metionina; B, feijão não irradiado sem adição de metionina; C, feijão não irradiado com adição de metionina; D, feijão irradiado (1.000 krad) com adição de metionina.

dietas D e C, suplementadas com metionina e contendo os feijões irradiados (1.000 krad) e não irradiados apresentaram os melhores ganhos de peso (88,5 e 76,7 g/rato), respectivamente. As dietas B e A não receberam suplementação com metionina. A dieta A, contendo feijão irradiado (1.000 krad), foi a que promoveu o menor ganho de peso.

Na Tabela 3 aparecem os dados de consumo médio de dieta, ganho de peso, quociente de eficiência protéica "PER", digestibilidade aparente da proteína (D_A), valor biológico aparente da proteína (VB_A) e de utilização líquida da proteína (NPU) para os quatro tipos de dietas preparadas com feijão irradiado (1.000 krad) e não irradiado com e sem adição de metionina.

Os valores para o quociente de eficiência protéica (PER) (Tabela 3) devem ser interpretados com precaução, uma vez que não foram

TABELA 3. Efeitos da irradiação (1.000 krad) e da suplementação com metionina no valor protéico do feijão (*Phaseolus vulgaris*) cv. carioca 80, para ratos da linhagem Wistar.

Dieta	Consumo (g/rato)	Ganho de peso (g/rato)	PER	D _A (%)	VB _A (%)	NPU (%)
A	204,0 ^{bc}	43,3 ^b	1,20 ^b	54,5	34,6 ^b	19,1 ^c
B	239,8 ^{ac}	53,8 ^{ac}	1,20 ^b	57,8	60,1 ^a	34,8 ^{ac}
C	269,8 ^{ac}	76,2 ^a	1,58 ^a	57,0	64,4 ^a	37,0 ^a
D	320,2 ^a	88,5 ^a	1,43 ^{ab}	62,3	61,7 ^a	38,5 ^a

A: feijão irradiado (100 krad) sem adição de metionina.

B: feijão não-irradiado sem adição de metionina.

C: feijão não-irradiado com adição de metionina (2% da proteína).

D: feijão irradiado (1.000 krad) com adição de metionina (2% da proteína).

a,b,c Letras diferentes tomadas na vertical indicam diferenças estatisticamente significativas ($p=0,05$).

obtidos em condições padronizadas, isto é, dietas com 10% de proteína (AOAC 1975). Valores obtidos com concentração de proteína na dieta superior a 10% tendem a subestimar este índice; contudo, o propósito deste experimento foi avaliar apenas os efeitos da irradiação e da suplementação com metionina para o que os resultados são perfeitamente válidos. Observa-se que a irradiação não afetou o valor de PER tanto na ausência como na presença de metionina adicionada; contudo, os índices VB_A e NPU foram significativamente afetados ($p=0,05$) pela irradiação apenas na ausência de metionina adicionada, dieta A.

A destruição de certos aminoácidos em meio aquoso, pelo efeito da irradiação gama, foi reportada por Simic (1978). Os aminoácidos mais sensíveis aos efeitos dos raios gama são os aromáticos (fenilalanina, tirosina, triptofano), aminoácidos de cadeia lateral básica (histidina, arginina) e os sulfurados (cisteína, cistina, metionina). É possível que o mecanismo de perda de metionina biodisponível pelo efeito da irradiação seja a formação de radicais livres, seguido da oxidação ou fragmentação de sua cadeia lateral.

Elevação do valor nutritivo de grãos de cereais e leguminosas pelo efeito da irradiação

gama tem sido reportada (Patel & McGinnis 1980, Patel et al. 1980 Reddy et al. 1979). Esses efeitos têm sido observados principalmente em aves em crescimento e poedeiras, e resultaram, em geral, em maior consumo de ração, maior ganho de peso e maior produção de ovos. Isto tem sido observado principalmente com centeio e com feijão (*Phaseolus vulgaris*). Esses grãos, quando introduzidos na dieta de aves em quantidades significativas, promovem diminuição da ingestão e prejuízo no ganho de peso, e, no caso de poedeiras, na produção de ovos. A irradiação gama age no sentido de aumentar a ingestão, melhorando o rendimento das aves. O mecanismo de ação dos raios gama sobre os componentes dos grãos não é conhecido. Acredita-se, porém, que os raios gama ajam modificando radioliticamente substâncias naturalmente presentes nesses grãos, que agiriam como repressores do apetite e do crescimento.

Os resultados de presente trabalho com os grãos de feijão irradiados fornecidos aos ratos são semelhantes aos descritos na literatura para o centeio em relação à resposta das aves. Uma diferença fundamental é que esses grãos, quando introduzidos em rações de aves, não foram utilizados como única fonte de proteína,

como foi feito para os ratos nesta pesquisa. Daí o resultado negativo da irradiação para o rato quando o feijão irradiado foi utilizado sem a suplementação com metionina. Quando suplementado com metionina, o feijão irradiado foi superior ao não-irradiado (controle).

AGRADECIMENTOS

À firma EMBRARAD, São Paulo, pelo tratamento das amostras com várias doses de irradiação (^{60}Co).

REFERÊNCIAS

- AOAC. **Official methods of Analysis**. 11. ed. Washington, D.C.: USA, 1975.
- BURR, H.K.; KON, S.; MORRIS, H.J. Cooking rates of dry beans as influenced by moisture content and temperature and time of storage. **Food Technology**, v.22, p.336-338, 1968.
- CABRERA, L.M.; CARRASCO, A.H. Survey of food irradiation studies in México. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.26, p.3-5, 1978.
- CUTTER, E.G. Organs. In: BARRINGTON, E.J.W.; WILLIS, A.J. **Plant anatomy: experiment and interpretation**. London: Edward Arnold, 1978. Part 2, cap. 7, p.270 (A Series of Student Texts in Contemporary Biology).
- JAMI, M.S.; PUBOLS, M.H.; MCGINNIS, J. Effect of gama irradiation on the physicochemical properties of rye. **Poultry Science**, v.59, p.253-257, 1980.
- JENSEN, W.A. **Botanical histochemistry: principle and practice**. San Francisco: W.H. Freeman Co., 1962.
- KAKADE, M.L.; SIMONS, N.; LIENER, I.E. An evaluation of natural vs synthetic substrates for measuring the antitryptic activity of soybean samples. **Cereal Chemistry**, v.46, p.518-526, 1969.
- MITCHELL, H.H. A method of determining the biological value of protein. **Journal Biological Chemistry**, v.58, p.873-903, 1923/1924.
- MOREIRA, R.A. **Isolamento e Caracterização de uma lectina de *Phaseolus vulgaris***, Rio de Janeiro: UFRJ, 1975. 111p. Tese Doutorado.
- MORRIS, H.J.; OLSON, R.L.; BEAN, R.C. Processing quality of varieties and strains of dry beans. **Food Technology**, v.4, p.247-251, 1950.
- MOY, J.H. (Ed.) Radiation disinfection of food and agricultural products. In: INTERNATIONAL CONFERENCE, 1983, Honolulu, Hawaii. **Proceedings...** Honolulu, Hawaii: University of Hawaii at Manoa, 1985. p.67-380.
- NUTRITIONAL BIOCHEMICALS CORPORATION (Cleveland, Ohio) **INC diet catalog**. Cleveland, Ohio, 1977/78. p.24.
- PAREDES-LÓPEZ, O.; COVARRUBIAS - ALVAREZ, M.M. Influence of gamma radiation on the rheological and functional properties of bread wheats. **Journal Food of Technology**, v.19, p.225-231, 1984.
- PATEL, M.B.; JAMI, M.S.; MCGINNIS, J. Effect of gamma irradiation, penicillin, and/or pectic enzyme on chick growth depression and fecal stickiness caused by rye, citrus pectin, and guar gum. **Poultry Science**, v.59, p.2105-2110, 1980.
- PATEL, M.B.; MCGINNIS, J. Effect of gamma irradiating rye or supplementing a rye-containing layer diet with penicillin or pectic enzymes on egg production. **Poultry Science**, v.59, p.2287-2289, 1980.
- RAO, V.S.; VAKIL, U.K. Effects of gamma-radiation on cooking quality and sensory attributes of four legumes. **Journal of Food Science**, v.50, p.372-375, 1985.
- REDDY, S.J.; MCGINNIS, J.; BURKE, D.W. Variability in nutritional value of cultivars and breeding lines of dry field beans (*Phaseolus vulgaris*) for chicks. **Poultry Science**, v.59, p.572-575, 1980.
- REDDY, S.J.; PUBOLS, M.H.; MCGINNIS, J. Effect of gamma irradiation on nutritional value of dry field beans (*Phaseolus vulgaris*) for chicks. **Journal of Nutrition**, v.109, p.1307-1312, 1979.
- ROGERS, Q.R.; HARPER, A.E. Amino acid diets and maximal growth in the rat. **Journal of Nutrition**, v.87, p.267-273, 1965.

- SIMIC, M.G. Radiation chemistry of amino acids and peptides in aqueous solutions. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.26, p.6-14, 1978.
- UNTAWALE, G.G.; MCGINNIS, J. Effect of rye and levels of raw and autoclaved beans (*Phaseolus vulgaris*) on adhesion of microflora to the intestinal mucosa. **Poultry Science**, v.58, p.928-933, 1979.
- YOUSRI, R.M.; HARMUTH-HOENE, A.E. The nutritional value of irradiated casein-fat mixtures - Effect of anaerobic conditions, storage time, added vitamin E and degree of insaturation of lipids. **International Journal for Vitamin and Nutrition Research**, v.49, p.171-181, 1979.
- WIENDL, F.M. O controle das pragas de arroz armazenado por meio da irradiação gama. **Lavoura Arrozeira**, (Porto Alegre), v.36, p.33-37, 1983.
- WOLZAK, A.; BRESSANI, R.; BRENES, R.G. A comparison of *in vivo* and *in vitro* estimates of protein digestibility of native and thermally processed vegetable proteins. **Qualitas Plantarum-Plant Foods Human Nutrition**, v.31, p.31-43, 1981.