



Ciência e Tecnologia de Alimentos

ISSN: 0101-2061

revista@sbcta.org.br

Sociedade Brasileira de Ciência e  
Tecnologia de Alimentos  
Brasil

Penati FERREIRA, Andréa Cristina; Canniatti BRAZACA, Solange Guidolin; ARTHUR,  
Valter

ALTERAÇÕES QUÍMICAS E NUTRICIONAIS DO GRÃO-DE-BICO (*Cicer arietinum* L.)  
CRU IRRADIADO E SUBMETIDO À COCÇÃO

Ciência e Tecnologia de Alimentos, vol. 26, núm. 1, enero-marzo, 2006, pp. 80-88

Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos  
Campinas, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=395940077014>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

# ALTERAÇÕES QUÍMICAS E NUTRICIONAIS DO GRÃO-DE-BICO (*Cicer arietinum* L.) CRU IRRADIADO E SUBMETIDO À COCÇÃO<sup>1</sup>

Andréa Cristina Penati FERREIRA<sup>2</sup>, Solange Guidolin Canniatti BRAZACA<sup>3,\*</sup>, Valter ARTHUR<sup>4</sup>

## RESUMO

O presente trabalho teve por objetivos analisar, em grãos não submetidos à irradiação, a composição centesimal e mineral, para verificar as alterações provocadas pela cocção. Em grãos crus e cozidos, não irradiados (controle) e irradiados (doses de 2, 4, 6, 8 e 10 kGy), foram realizadas também as análises de: disponibilidade de ferro *in vitro*, digestibilidade da proteína *in vitro* e perfil de aminoácidos. Os resultados das análises dos minerais demonstraram que ocorreu diminuição significativa ( $p \leq 0,05$ ) somente para o potássio com o processo de cocção. Na composição centesimal o teor de cinzas e dos carboidratos disponíveis foi significativamente ( $p \leq 0,05$ ) diminuído. No controle e nas doses de 4 e 6 kGy, a cocção não influenciou na digestibilidade da proteína, mas nos tratamentos que receberam doses de radiação de 2, 8 e 10 kGy, houve diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ), sendo que o grão-de-bico cozido apresentou melhor digestibilidade em doses maiores de radiação, embora os tratamentos tenham apresentado digestibilidade baixa. O grão-de-bico cru apresentou melhor diálise de ferro no controle e nas doses 2 e 4 kGy, e o grão-de-bico cozido apresentou melhora conforme o aumento da dose de radiação. Em relação aos aminoácidos essenciais o grão-de-bico apresentou valor nutricional adequado, exceto para metionina.

**Palavras-chave:** grão-de-bico, digestibilidade, proteína, disponibilidade, ferro.

## SUMMARY

NUTRITIONAL AND CHEMICAL ALTERATION OF RAW, IRRADIATED AND COOKED CHICKPEA (*Cicer arietinum* L.). The work objective was analyzing, in chickpea seeds not irradiated, the centesimal and mineral composition to verifying the alterations on the nutritional characteristics caused by the cooking process. Also were carried out analysis of the iron availability *in vitro*, protein digestibility *in vitro* and the profile of amino acids in the raw and cooked in the control and irradiated seeds (doses of 2, 4, 6, 8 and 10 kGy). The results of the mineral analysis showed that only phosphorus decrease significantly ( $p \leq 0,05$ ) with cooking process. At the centesimal composition, ash and carbohydrates available decreased significantly ( $p \leq 0,05$ ). In the control and in the doses of 4 and 6 kGy the cooking hasn't influenced the digestibility of the protein, but the treatments that received radiation doses of 2, 8 and 10 kGy were influenced. The cooked chickpea has shown better digestibility in higher doses of radiation although the treatments have shown low digestibility. The raw chickpea presented a better dialysis of iron in the control and in the doses 2 and 4 kGy and the cooked chickpea presented improvement according to the increase of radiation doses. In relation to essential amino acids, chickpea has presented an adequate nutritional value, except for methionine.

**Keywords:** chickpea, digestibility, protein, availability, iron.

## 1 - INTRODUÇÃO

O grão-de-bico é fonte de proteínas, carboidratos, minerais, vitaminas e fibras. Diferencia-se das outras leguminosas por sua digestibilidade, baixo teor de substâncias antinutricionais, além de apresentar a melhor disponibilidade de ferro. CANNIATTI-BRAZACA & SILVA [13], pesquisando diversas leguminosas (feijão comum, feijão-branco, feijão-preto, ervilha, soja, lentilha e grão-de-bico) encontraram a melhor disponibilidade de ferro para o grão-de-bico.

O consumo do grão-de-bico ainda é muito limitado no Brasil, quando comparado a outras leguminosas como o feijão [8]. O grão-de-bico é uma leguminosa que tem, nutricionalmente, grande potencial a ser explorado, a fim de minimizar as deficiências protéicas e minerais da população, uma vez que o grão-de-bico é boa fonte de minerais (P, Mg, Fe, K, Co, Mn) [8].

O grão-de-bico é excelente fonte de carboidratos e de proteínas, que abrangem cerca de 80% do peso total das sementes secas [10]. A proteína do grão-de-bico tem sido considerada de melhor valor nutricional entre as leguminosas [39].

SINGH & JAMBUNATHAN [35], utilizando o método de digestão por seqüência de pepsina/pancreatina e determinação do grau de hidrólise pelo método de Kjeldahl, encontraram percentuais de digestibilidade da proteína de 72,7 a 79,1% entre sete cultivares de grão-de-bico do tipo "kabuli" e de 63,7 a 76% entre oito cultivares do tipo "desi".

As sementes de grão-de-bico apresentam considerável quantidade de óleo, cujos valores variam de 3,8 a 10,2%. Seu óleo tem alto teor de ácidos graxos insaturados, particularmente linoléico e oléico [10].

<sup>1</sup>Recebido para publicação em 1/12/2004. Aceito para publicação em 23/1/2006 (001443)

<sup>2</sup>Mestranda do curso de Ciência e Tecnologia de Alimento Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq). Universidade de São Paulo (USP)

E-mail: andrea@dtr.com.br

<sup>3</sup>Professora-doutora do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq). Universidade de São Paulo (USP)

E-mail: sgcbraza@esalq.usp.br

<sup>4</sup>Pesquisador da seção de Entomologia e Irradiação de Alimentos do Centro de Energia Nuclear na Agricultura. Universidade de São Paulo

E-mail: arthur@cena.usp.br

\*A quem a correspondência deve ser enviada

Embora os fatores antinutricionais devam ser cogitados em qualquer leguminosa de grão, sua importância é minimizada no grão-de-bico, exceto os fatores promotores da flatulência, que devem ser destacados nesta leguminosa em decorrência dos teores de oligossacarídeos nela presentes. No entanto, o aquecimento inativa este conjunto de fatores. Para a alimentação humana, não há preocupação já que este não é consumido cru [39].

Grandes perdas de grãos ocorrem devido à infestação por insetos durante o armazenamento [43]. Segundo o Centro de Energia Nuclear na Agricultura [14], a irradiação dos alimentos pode aumentar a vida útil ou de prateleira. Em geral, o processo de irradiação acarreta mínimas alterações químicas nos alimentos. Nenhuma das alterações conhecidas é nociva ou perigosa, motivo pelo qual a Organização Mundial da Saúde (OMS) recomenda a aplicação e o uso da irradiação de alimentos.

No Brasil, o Decreto nº 72.718, de 29 de agosto de 1973, estabeleceu normas gerais sobre irradiação de alimentos. Hoje tem-se a resolução RDC nº 21, de 26 de janeiro de 2001, estabelecendo como dose mínima aquela suficiente para alcançar a finalidade pretendida, e a dose máxima a ser empregada, aquela inferior à dose que comprometeu as propriedades funcionais e ou os atributos sensoriais do alimento [1].

BRIGIDE [12], estudando a disponibilidade de ferro em grãos de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) irradiados, observou que o processo de irradiação com dose de 6 kGy mostrou redução dos fatores antinutricionais no feijão cozido. A irradiação foi efetiva para a disponibilidade do ferro, com conseqüente melhora no valor nutritivo, além de conferir conservação prolongada do grão.

No estudo de PINN [31], o aumento da dose de radiação provocou diminuição do teor de taninos no feijão cozido (*Phaseolus vulgaris* L.), variedade carioca, irradiado nas doses de 2, 4, 6, 8, 10, 15 e 20 kGy. O teor de taninos do controle foi de 0,47% mEq de catequina e, com a dose de radiação 20 kGy, o teor apresentado foi de 0,29% mEq de catequina.

MANCINI-FILHO [23] observou reduções iguais ou superiores a 50% no tempo de cocção de feijões (*Phaseolus vulgaris* L.) das variedades catu e rajado irradiados com dose de 10 kGy e armazenados por 9 e 10 meses.

ARMELIN [5], estudando o efeito da radiação gama nas doses de 0, 1, 2, 6 e 10 kGy na capacidade de hidratação e cocção de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.), observou que a irradiação não influenciou no processo de hidratação e que apenas o grão não irradiado necessitou de maior tempo de cocção para se tornar macio.

A irradiação reduz perdas e mantém a qualidade nutricional do feijão proporcionando maior vida útil e melhoramento da qualidade tecnológica no processamento de alimentos irradiados [3].

O presente projeto teve por objetivos caracterizar o grão-de-bico, sendo realizada a composição centesimal e

de minerais em grão cru e cozidos não irradiados, com o propósito de verificar os efeitos da cocção e avaliar o efeito das diferentes doses de radiação gama (2, 4, 6, 8 e 10 kGy) do Cobalto-60 sobre a disponibilidade de ferro *in vitro*, a digestibilidade protéica *in vitro* e o perfil de aminoácidos do grão-de-bico cru e cozido, visando o impacto deste processo nesta leguminosa.

## 2 - MATERIAL E MÉTODOS

O projeto foi desenvolvido no Laboratório de Bromatologia do Setor de Nutrição Humana e Alimento do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq) da Universidade de São Paulo (USP), em Piracicaba (SP).

### 2.1 - Matéria-prima e preparo das amostras

A matéria-prima utilizada para a realização das análises foram grãos íntegros crus de grão-de-bico da variedade kabuli sem e com irradiação nas doses de 2, 4, 6, 8 e 10 kGy, que posteriormente foram submetidos à cocção. Os grãos foram adquiridos no comércio local de Piracicaba (SP).

As amostras foram acondicionadas em porções de 500 g em sacos de polietileno. As amostras que sofreram o processo de irradiação foram enviadas ao Laboratório de Irradiação de Alimentos e Radioentomologia do Cena/USP, em Piracicaba (SP), para que o processo fosse realizado em um irradiador de Cobalto-60, modelo Gammabeam 650, Ottawa, Canadá, sob taxa de dose 0,9696 kGy x h<sup>-1</sup>.

Os grãos crus, irradiados e não irradiados, foram triturados em moinhos de facas, peneirados em malha de 30 mesh, obtendo-se assim as farinhas que foram utilizadas para as análises químicas. Esta farinha foi armazenada em saco de polietileno, fechado, em temperatura de refrigeração (4°C) até a realização das análises. Os grãos crus irradiados e não irradiados, destinados ao processo de cocção, foram colocados de molho em água destilada na proporção de 1:3 (grão:água) e cozidos na proporção de 1:2 (grão:água) a 121°C em autoclave por 10 min, conforme a metodologia sugerida por MOLINA *et al.* [25]. Após o cozimento as amostras foram colocadas em bandejas de alumínio e secas em estufa de circulação de ar forçado à temperatura de 50-55°C até peso constante (aproximadamente 24 h). O material foi posteriormente moído e armazenado.

### 2.2 - Análises químicas

#### 2.2.1 - Composição centesimal

Para a análise da composição centesimal foram utilizados grão cru e cozidos que não passaram pelo processo de irradiação.

As análises para a determinação dos teores de matéria seca, proteína bruta (N x 6,2), extrato etéreo e de cinzas, foram realizadas de acordo com a metodologia indicada pela AOAC [6].

O teor de fibra dietética foi determinado pelo método enzimático de acordo com o TOTAL [40].

O carboidrato foi calculado por diferença: 100–(umidade+cinzas+extrato etéreo+proteína+fibras).

### 2.2.2 - Composição mineral

Para a análise da composição mineral foram utilizados grão crus e cozidos que não passaram pelo processo de irradiação.

Os teores de minerais foram determinados pelo método descrito por SARRUGE e HAAG [34], sendo utilizada a digestão com ácido nítrico e ácido perclórico a 50°C por 10 a 15 min, depois 100°C até digerir todo o material, chegando à temperatura de 150°C. Após resfriamento e diluição do material com água desmineralizada, foi realizada a leitura em espectrofotômetro de absorção atômica modelo Perkin-Elmer 360. Foram utilizados os seguintes comprimentos de ondas: 422,7 nm para cálcio; 324 nm para cobre, 248,3 nm para ferro, 285,2 nm para magnésio, 279,5 nm para manganês, 213,9 nm para zinco e 766,5 nm para potássio. O fósforo foi determinado em espectrofotômetro colorimétrico com o comprimento de onda de 420 nm.

### 2.2.3 - Digestibilidade da proteína *in vitro*

A digestibilidade *in vitro* foi determinada segundo metodologia descrita por AKESON & STAHPMAN [4], a qual se baseia na hidrólise enzimática das proteínas com pepsina e pancreatina, seguida da determinação do nitrogênio não-precipitável com ácido pícrico. A amostra foi misturada com solução de pepsina na concentração de 3 mg/mL em HCl 0,1N e deixada a 37°C por 3 h. Posteriormente, foi neutralizada com NaOH 0,1N e adicionada solução de pancreatina na concentração de 0,4% em tampão fosfato 0,1M a pH 8, sendo incubada a mistura por 24 h sob agitação a 37°C. Posteriormente, foi centrifugado a 11.508 x g por 15 min e acrescentadas, para cada parte do sobrenadante, cinco partes de ácido pícrico, sendo determinado o nitrogênio por meio de destilador microkjeldahl.

### 2.2.4 - Composição de aminoácidos

Nas amostras anteriormente desengorduradas com éter etílico em extrator de Soxhlet, foram determinadas a composição e a concentração dos aminoácidos de acordo com a técnica proposta por SPACKMAN *et al.* [36], que consiste na separação dos mesmos em resina sulfonada, de troca catiônica, utilizando uma série de tampões como eluentes. Após serem submetidos à hidrólise ácida (HCl 6N a 110°C por 22 h), os aminoácidos foram quantificados em Autoanalisador Beckman Aminoacid [37, 26]. Foram selecionadas para a realização da análise seis tratamentos: o controle, a dose intermediária (6 kGy) e a dose máxima (10 kGy), tanto cru como cozido.

### 2.2.5 - Disponibilidade de ferro *in vitro*

Foi realizada diálise de ferro segundo método proposto por LUTEN *et al.* [22]. Os grãos foram submetidos à

digestão *in vitro*, e o material obtido foi colocado em saco de diálise e o ferro dialisado.

## 2.3 - Análise estatística

As análises descritas nos itens anteriores foram realizadas em triplicata. O delineamento estatístico foi inteiramente ao acaso com comparação das médias de três repetições obtidas nos diferentes tratamentos analisadas pelo teste F, e posteriormente pelo método de Tukey (5%) segundo PIMENTEL-GOMES [30]. Foi utilizado para análise o software *Statistical Analysis System* [38].

## 3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 - Composição centesimal

A composição centesimal das amostras de grão-de-bico crus e cozidos, utilizados no presente experimento é apresentada na *Tabela 1*.

**TABELA 1** – Composição centesimal (g/100 g)<sup>1</sup> das amostras de grão-de-bico cruas e cozidas, expressas na base seca

Amostras	Cinzas	extrato etéreo	Proteína bruta	Fibras dietéticas	Carboidratos
Crua	3,74±0,1 <sup>a</sup>	4,71±0,1 <sup>b</sup>	25,73±1,6 <sup>a</sup>	20,42±1,0 <sup>b</sup>	45,37
Cozida	3,28±0,1 <sup>b</sup>	6,68±0,1 <sup>a</sup>	26,48±0,5 <sup>a</sup>	24,67±0,8 <sup>a</sup>	38,86

<sup>1</sup>Os dados são a média de três repetições ± desvio padrão; letras diferentes na vertical indicam diferença significativa entre as médias (p<0,05)

Como pode ser observado nas *Tabelas 1* e *2* o teor de umidade do grão-de-bico cozido encontrado foi maior devido à maceração realizada antes da cocção, embora apresente valor de acordo com a literatura (*Tabela 2*). Para o grão-de-bico cru, pode ser observado valor abaixo do esperado, o que é desejável para a melhor conservação do grão.

Tanto o grão-de-bico cru como o cozido apresentaram teores de cinzas dentro da faixa de variação, respectivamente, para grãos crus e cozidos (*Tabela 2*). MORENO *et al.* [28], estudando o grão-de-bico cru, encontraram valores para o teor de cinzas abaixo dos encontrado neste trabalho (*Tabela 1*).

**TABELA 2** – Valores de referência g/100 g para a composição centesimal do grão-de-bico cru e cozido de acordo com o INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA [20], Tabela de Composição de Alimentos [41], *Latinfoods* [29] e USDA [42] e base seca

Composição centesimal	Grão-de-bico cru	Grão-de-bico cozido
Umidade	10,8 a 11,53	60,21 a 75,9
Cinzas	2,71 a 3,61	2,31 a 3,73
Gordura	6,83 a 7,62	5,21 a 7,47
Proteína	18,83 a 21,82	10,37 a 22,27
Fibras dietéticas	3,84 a 23,23	19,10 a 23,23
Carboidratos	67,83 a 69,96	68,91 a 78,42



De acordo com a *Tabela 2*, o teor de gordura do grão-de-bico cru e cozido pode variar. Na *Tabela 1*, podemos observar valor menor para o grão-de-bico cru, sendo que o grão-de-bico cozido apresentou valor semelhante ao esperado. QUEIROZ; COSTA & OLIVEIRA [32] estudaram a composição centesimal em leguminosas cruas liofilizadas. As leguminosas avaliadas foram: ervilha (*Pisum sativum*), feijão comum (*Phaseolus vulgaris*), grão-de-bico (*Cicer arietinum*) e lentilha (*Lens culinaris*). Eles verificaram que o grão-de-bico apresentou teor de lipídeos totais aproximadamente três vezes maior que o das demais leguminosas.

Os teores de proteínas do grão-de-bico cru e cozido estão acima do esperado conforme pode ser observado na *Tabela 1* em comparação à *Tabela 2*. Já resultados encontrados por outros autores, estão em acordo aos apresentados na *Tabela 1* [10, 17, 28].

A fibra dietética é importante constituinte do grão-de-bico. Os valores encontrados neste estudo (*Tabela 1*) foram mais elevados do que os apresentados na *Tabela 2* para o grão cozido, provavelmente porque o grão utilizado estava íntegro e o teor de fibra está relacionado com o teor de tegumento das sementes. Já ASTIASARAN; CANDELA & BELLO [7], estudando a composição centesimal do grão-de-bico, encontraram valores de 27,81 a 29,64% para o grão cru e cozido, respectivamente, valores estes superiores ao encontrados neste trabalho.

Tanto para os valores apresentados no *Tabela 2*, como no estudo realizado por BRAGA [10], no qual o teor de carboidratos variou de 52,5 a 70,9%, pode-se observar que o conteúdo total de carboidratos está abaixo dos citados nestas literaturas. Em estudo realizado por ASTIASARAN; CANDELA & BELLO [7] os valores encontrados para o carboidrato no grão-de-bico foram de 50,54 a 43,34% para os grãos crus e cozidos, respectivamente. A cocção apresentou diferença no conteúdo total de carboidratos, sendo que o grão-de-bico cru apresentou 18% a mais no conteúdo total deste elemento em relação ao do grão-de-bico cozido.

### 3.2 - Composição mineral

O conteúdo de minerais das amostras de grão-de-bico crus e cozidos é apresentado na *Tabela 3*.

**TABELA 3** – Composição mineral<sup>1</sup> em mg/100 g, nas amostras de grão-de-bico cru e cozido expressa na base seca

Minerais (mg/100 g)	Cru	Cozido
Fósforo	402±0,1 <sup>a</sup>	400±0,1 <sup>a</sup>
Potássio	1.250±0,8 <sup>a</sup>	882±0,8 <sup>b</sup>
Cálcio	107±0,1 <sup>a</sup>	92±0,1 <sup>a</sup>
Magnésio	136±0,0 <sup>a</sup>	119±0,1 <sup>a</sup>
Enxofre	212±0,2 <sup>a</sup>	184±0,2 <sup>a</sup>
Sódio	46±0,2 <sup>a</sup>	27±0,0 <sup>a</sup>
Ferro	7,89±0,6 <sup>a</sup>	7,8±0,8 <sup>a</sup>
Cobre	0,73±1,0 <sup>a</sup>	0,72±1,3 <sup>a</sup>
Manganês	4,40±0,7 <sup>a</sup>	4,1±0,7 <sup>a</sup>
Zinco	2,90±1,7 <sup>a</sup>	2,7±1,1 <sup>a</sup>

<sup>1</sup>Os dados são a média de três repetições ± desvio padrão; letras diferentes no mesmo elemento mineral indicam diferença significativa entre as médias (p<0,05)

De acordo com os dados da *Tabela 4*, a composição dos minerais do grão-de-bico demonstra que esta leguminosa é excelente fonte de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, sódio, ferro, cobre, manganês e zinco. O mesmo ocorreu em estudo realizado por AVANCINI *et al.* [8], que estudando a composição mineral do grão-de-bico, verificaram que este é boa fonte de fósforo, magnésio, ferro, potássio e manganês.

**TABELA 4** – Valores de referência (mg/100 g) para a composição mineral do grão-de-bico cru e cozido de acordo com o USDA [42], base seca

Minerais (mg/100 g)	Grão-de-bico cru	Grão-de-bico cozido
Fósforo	366	168
Potássio	875	291
Cálcio	105	49
Magnésio	115	48
Sódio	24	7
Ferro	6,24	2,89
Cobre	0,84	0,35
Manganês	2,2	1,03
Zinco	3,43	1,53

Pode-se observar que a composição das amostras submetidas à cocção não diferiu estatisticamente (p<0,05) do grão-de-bico cru, exceto o potássio. Embora tenha ocorrido diminuição nos teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, ferro, cobre, manganês e zinco, estes elementos apresentaram valores dentro da faixa citada na literatura (*Tabela 4*), com exceção do potássio, que apresentou valor superior. Com a cocção, os minerais sofreram uma redução de 0,3 a 0,5% em relação à semente crua [15].

ADAWY [2], estudando a composição mineral do grão-de-bico, observou que o cozimento reduziu o cobre, ferro e potássio na proporção de 15%, 8% e 24%, respectivamente.

AVANCINI *et al.* [8] observaram que a cocção causou diminuição na quantidade de minerais, como a que ocorreu com o potássio. Esta diminuição, no entanto, não traz preocupação em relação ao valor nutricional quando se ingere sementes íntegras, pois alguns minerais podem estar contidos em maior proporção na casca e sua retirada pode diminuir o teor destes. Isto justifica o valor encontrado (*Tabela 3*), que foi superior ao da literatura (*Tabela 4*).

### 3.3 - Digestibilidade protéica

A determinação da digestibilidade de proteína *in vitro* é um dos fatores a ser levado em consideração na qualidade da proteína.

A digestibilidade protéica *in vitro* das amostras de grão-de-bico cru e cozido no controle e seu comportamento nas doses de radiação de 2, 4, 6, 8 e 10 kGy estão expressas na *Tabela 5*.

**TABELA 5** – Digestibilidade da proteína *in vitro*<sup>1</sup> do grão-de-bico controle e irradiados nas doses de radiação 2, 4, 6, 8 e 10 kGy

Dose	Cru (%)	Cozido (%)
Controle	60,34±0,9 <sup>bA</sup>	60,04±0,8 <sup>bC</sup>
2	63,79±1,7 <sup>aA</sup>	59,12±0,8 <sup>cB</sup>
4	61,82±0,9 <sup>abA</sup>	60,04±0,8 <sup>bcA</sup>
6	60,34±0,9 <sup>bA</sup>	61,43±0,8 <sup>abA</sup>
8	59,85±1,5 <sup>bB</sup>	62,82±0,8 <sup>aA</sup>
10	61,33±0,5 <sup>abB</sup>	62,82±0,8 <sup>aA</sup>

1Os dados são a média de três repetições ± desvio padrão. Para comparação entre doses, as letras minúsculas iguais não apresentam diferenças significativas (p > 0,05). Para comparação entre cru e cozido maiúsculas iguais, não apresentam diferenças significativas (p > 0,05)

Pode-se observar que a dose 2 kGy resultou em melhor digestibilidade para o grão cru, seguida da dose 4 e 10 kGy, que não diferiram significativamente entre si, e diferiram dos outros tratamentos. Porém, o grão-de-bico cru não é consumido na alimentação humana. Para o grão cozido, as doses de 8 e 10 kGy obtiveram as mesmas médias, mas não diferiram estatisticamente da dose 6, que diferiu das demais. Pode-se concluir que com as maiores doses foram obtidas as melhores digestibilidades devido a alterações que ocorreram no grão pela irradiação. Em um estudo realizado por TAVANO [39] não houve diferença entre amostras não irradiadas cruas e cozidas.

Comparando-se os tratamentos pode-se observar que no controle e nas doses de 4 e 6 kGy a cocção não influenciou na digestibilidade da proteína. Mas nos tratamentos que receberam radiação de 2, 8 e 10 kGy houve influência na digestibilidade protéica. O grão-de-bico cozido apresentou uma melhor digestibilidade em doses maiores de radiação. A cocção melhora a digestibilidade dos grãos, proporcionando melhor aproveitamento da proteína.

Os valores deste trabalho foram bem inferiores aos observados por MONSOOR & YUSUF [27], que avaliando a digestibilidade protéica *in vitro*, encontraram 89,01% para o grão-de-bico cru e 96,94% para o cozido. Em estudo realizado por ADAWY [2] foram encontrados valores para a digestibilidade protéica de 83,61 a 89,96% para o grão cru e cozido, respectivamente.

Considerando os grãos da mesma espécie, o grão-de-bico consumido no Brasil é na sua totalidade do tipo kabuli [10]. Pode-se observar que os valores encontrados para a digestibilidade da proteína do grão estão próximos ao valor mínimo citado por SINGH & JAMBUNATHAN [35] para esse cultivar, pois encontraram valores para a digestibilidade de 63,7 a 76%. MORENO *et al.* [28], estudando a digestibilidade protéica do grão-de-bico cru, encontraram valor de 72,7%, estando dentro da faixa de valores encontrados por SINGH & JAMBUNATHAN [35]. Dos fatores que podem alterar a digestibilidade citam-se o endurecimento do grão, que tem efeito prejudicial sobre a qualidade protéica, acarretando significativa redução na digestibilidade da proteína *in vitro* e em *in vivo*; e outros fatores próprios do cultivo, como tipo de solo, pesticidas, época de plantio e armazenamento, também podem influenciar a digestibilidade [20].

MONSOOR & YUSUF [27], comparando grão-de-bico e lentilha, observaram que a cocção tem efeito positivo na

digestibilidade em ambos os casos, aumentando a digestibilidade de 95,19 para 97,9% e de 89,01 para 96,94% para grãos crus e cozidos, respectivamente. No presente estudo pode-se observar que houve influência do tratamento térmico na digestibilidade da proteína nas doses 2 e 4 kGy, pois o grão cru apresentou melhor digestibilidade que o cozido. Para os tratamentos com doses de 6, 8 e 10 kGy, o grão-de-bico cozido apresentou melhor digestibilidade que o cru, concordando com os resultados encontrados por MONSOOR & YUSUF [27]. Com a cocção há desnaturação dos inibidores de protease, o que não ocorre no grão cru.

KHOKAR & CHANHAN [21] observaram que com a cocção do grão-de-bico os fatores antinutricionais são reduzidos ou eliminados, acarretando inibição na atividade dos inibidores de tripsina [24], favorecendo a digestibilidade protéica, uma vez que o grão na forma crua não é consumido por humanos, e estes fatores ficam inativos pelo aquecimento, beneficiando a digestibilidade da proteína.

### 3.4 - Ferro dialisável

Os resultados encontrados para ferro dialisável *in vitro* das amostras de grão-de-bico cru e cozido são apresentadas na Tabela 6.

**TABELA 6** – Porcentagem de ferro dialisável<sup>1</sup> *in vitro* de grão-de-bico cru e cozido no controle e nas doses de radiação de 2, 4, 6, 8 e 10 kGy

Dose	Cru (%)	Cozido (%)
Controle	0,94±0,0 <sup>1aA</sup>	0,76±0,0 <sup>cB</sup>
2	0,91±0,0 <sup>bA</sup>	0,87±0,0 <sup>bB</sup>
4	0,61±0,0 <sup>cA</sup>	0,43±0,0 <sup>dB</sup>
6	0,53±0,0 <sup>dB</sup>	0,75±0,0 <sup>cA</sup>
8	0,45±0,0 <sup>eB</sup>	0,76±0,0 <sup>cA</sup>
10	0,58±0,0 <sup>cB</sup>	0,95±0,0 <sup>aA</sup>

1Os dados são a média de três repetições ± desvio padrão. Para comparação entre doses, as letras minúsculas iguais não apresentam diferenças significativas (p > 0,05). Para comparação entre cru e cozido maiúsculas iguais, não apresentam diferenças significativas (p > 0,05)

O método da diálise de ferro *in vitro* é útil para uma avaliação preliminar, sendo indicativa da biodisponibilidade relativa do elemento presente em um alimento. Apresenta boa correlação com o método *in vivo* feito com seres humano. Baseia-se, fundamentalmente, na simulação da digestão do alimento, seguida de uma diálise em membrana semipermeável [19]. Portanto, é um ótimo indicador de como o ferro presente no grão-de-bico está biodisponível, sendo utilizado pelo organismo em seu metabolismo celular.

De acordo com BOCCIA; LULLO & CARNOVALE [9], a absorção de ferro *in vivo* é de 0,84 a 1,19%. Os melhores tratamentos encontrados neste trabalho foram para o cru que não sofreu processo de radiação (controle) e irradiado a 2 kGy e cozido 2 kGy e 10 kGy.

No estudo realizado por PINN [31], este verificou que, em função da dose empregada, ocorre aumento da porcentagem de ferro dialisável. Com doses de 2, 4, 6, 8 e 10 KGy

foram observados aumentos de aproximadamente 11, 13, 23, 57 e 70% em relação à porcentagem de ferro dialisável do feijão não irradiado (0,82%).

Comparando-se os tratamentos com a irradiação pode-se observar que o grão-de-bico cru apresentou melhor diálise de ferro no controle e nas doses 2 e 4 kGy. O grão-de-bico cozido teve comportamento contrário ao grão cru e apresentou melhor diálise de ferro conforme o aumento da dose de radiação, sendo maior que no cru para as doses de 6, 8 e 10 kGy. Isso ocorreu, provavelmente, devido às quebras nas cadeias de aminoácidos após a irradiação nas

**TABELA 7** – Composição em aminoácidos, mg/100 mg de proteína, nas amostras de grão-de-bico cru e cozido sem radiação e nas doses de radiação de 6 e 10 kGy

Aminoácidos	Dose de radiação					
	Grão-de-bico cru <sup>1</sup>			Grão-de-bico cozido <sup>1</sup>		
	Controle	6 kGy	10 kGy	Controle	6 kGy	10 kGy
Ácido aspártico	11,99 <sup>c</sup>	13,6 <sup>a</sup>	12,54 <sup>b</sup>	11,87 <sup>B</sup>	11,51 <sup>C</sup>	12,02 <sup>A</sup>
Treonina	3,31 <sup>c</sup>	3,6 <sup>a</sup>	3,52 <sup>b</sup>	3,29 <sup>B</sup>	3,25 <sup>C</sup>	3,45 <sup>A</sup>
Serina	5,08 <sup>c</sup>	5,51 <sup>a</sup>	5,25 <sup>b</sup>	4,96 <sup>B</sup>	4,88 <sup>C</sup>	5,08 <sup>A</sup>
Ácido glutâmico	17,8 <sup>c</sup>	19,92 <sup>a</sup>	18,47 <sup>b</sup>	17,26 <sup>B</sup>	17,22 <sup>C</sup>	18,57 <sup>A</sup>
Prolina	4,11 <sup>b</sup>	4,58 <sup>a</sup>	4,03 <sup>c</sup>	3,93 <sup>B</sup>	3,81 <sup>C</sup>	3,97 <sup>A</sup>
Glicina	3,94 <sup>c</sup>	4,24 <sup>a</sup>	4,03 <sup>b</sup>	3,81 <sup>B</sup>	3,77 <sup>C</sup>	3,97 <sup>A</sup>
Alanina	4,07 <sup>c</sup>	4,49 <sup>a</sup>	4,19 <sup>b</sup>	4,01 <sup>B</sup>	3,97 <sup>C</sup>	4,21 <sup>A</sup>
½ Cistina	0,93 <sup>a</sup>	0,93 <sup>a</sup>	0,93 <sup>a</sup>	0,75 <sup>C</sup>	0,83 <sup>B</sup>	0,87 <sup>A</sup>
Valina	3,73 <sup>c</sup>	4,07 <sup>a</sup>	3,81 <sup>b</sup>	3,77 <sup>C</sup>	3,93 <sup>B</sup>	4,13 <sup>A</sup>
Metionina	0,55 <sup>b</sup>	0,51 <sup>c</sup>	0,64 <sup>a</sup>	0,63 <sup>C</sup>	0,99 <sup>B</sup>	1,19 <sup>A</sup>
Isoleucina	3,56 <sup>c</sup>	4,03 <sup>a</sup>	3,64 <sup>b</sup>	3,81 <sup>B</sup>	3,81 <sup>B</sup>	3,97 <sup>A</sup>
Leucina	6,95 <sup>c</sup>	7,8 <sup>a</sup>	7,37 <sup>b</sup>	7,14 <sup>B</sup>	7,02 <sup>C</sup>	7,38 <sup>A</sup>
Tirosina	2,42 <sup>c</sup>	2,75 <sup>a</sup>	2,5 <sup>b</sup>	2,42 <sup>B</sup>	2,34 <sup>C</sup>	2,52 <sup>A</sup>
Fenilalanina	5,81 <sup>b</sup>	6,57 <sup>a</sup>	5,39 <sup>c</sup>	5,83 <sup>B</sup>	5,71 <sup>C</sup>	5,87 <sup>A</sup>
Lisina	6,57 <sup>c</sup>	7,16 <sup>a</sup>	6,91 <sup>b</sup>	6,39 <sup>A</sup>	5,91 <sup>C</sup>	6,07 <sup>B</sup>
Amônia	1,74 <sup>c</sup>	1,95 <sup>a</sup>	1,86 <sup>b</sup>	1,67 <sup>C</sup>	1,71 <sup>B</sup>	1,83 <sup>A</sup>
Histidina	2,54 <sup>b</sup>	3,35 <sup>a</sup>	2,50 <sup>c</sup>	2,7 <sup>B</sup>	2,78 <sup>A</sup>	1,59 <sup>C</sup>
Arginina	10,17 <sup>c</sup>	11,57 <sup>a</sup>	10,51 <sup>b</sup>	9,84 <sup>A</sup>	9,44 <sup>B</sup>	9,25 <sup>C</sup>

<sup>1</sup>Valores contendo letras iguais minúsculas para linhas no grão-de-bico cru e letras iguais maiúsculas no grão-de-bico cozido não apresentam diferenças significativas (p≤0,05)

**TABELA 8** – Composição de aminoácidos, mg/100 mg proteína<sup>1</sup>, na amostra controle de grão-de-bico cru e cozido

Aminoácidos	Grão-de-bico cru <sup>1</sup>	Grão-de-bico cozido <sup>1</sup>
	Controle	Controle
Ácido aspártico	11,99 <sup>a</sup>	11,87 <sup>b</sup>
Treonina	3,31 <sup>a</sup>	3,29 <sup>b</sup>
Serina	5,08 <sup>a</sup>	4,96 <sup>b</sup>
Ácido glutâmico	17,8 <sup>a</sup>	17,26 <sup>b</sup>
Prolina	4,11 <sup>a</sup>	3,93 <sup>b</sup>
Glicina	3,94 <sup>a</sup>	3,81 <sup>b</sup>
Alanina	4,07 <sup>a</sup>	4,01 <sup>b</sup>
½ Cistina	0,93 <sup>a</sup>	0,75 <sup>b</sup>
Valina	3,73 <sup>b</sup>	3,77 <sup>a</sup>
Metionina	0,55 <sup>b</sup>	0,63 <sup>a</sup>
Isoleucina	3,56 <sup>b</sup>	3,81 <sup>a</sup>
Leucina	6,95 <sup>b</sup>	7,14 <sup>a</sup>
Tirosina	2,42 <sup>a</sup>	2,42 <sup>a</sup>
Fenilalanina	5,81 <sup>b</sup>	5,83 <sup>b</sup>
Lisina	6,57 <sup>a</sup>	6,39 <sup>b</sup>
Amônia	1,74 <sup>a</sup>	1,67 <sup>b</sup>
Histidina	2,54 <sup>b</sup>	2,7 <sup>a</sup>
Arginina	10,17 <sup>a</sup>	9,84 <sup>b</sup>

<sup>1</sup>Valores contendo letras iguais minúsculas para linhas não apresentam diferenças significativas (p≤0,05)

doses 6, 8 e 10 kGy, maceração e cocção, apresentando maior quantidade de aminoácidos livres, do que no cru, propiciando o aumento da disponibilidade do ferro.

### 3.5 - Composição em aminoácidos

Os resultados obtidos nas análises de aminoácidos das amostras de grão-de-bico cru e cozido, controle e irradiadas nas doses de 6 kGy e 10 kGy foram comparadas em relação às doses e dentro da mesma dose cru e cozido são apresentados nas Tabelas 7, 8, 9, 10 e 11.

**TABELA 9** – Composição de aminoácidos, mg/100 mg proteína<sup>1</sup>, na amostra de grão-de-bico cru e cozido na dose de radiação de 6 kGy

Aminoácidos	Dose de radiação	
	Grão-de-bico cru	Grão-de-bico cozido
	6 kGy	6 kGy
Ácido Aspártico	13,6 <sup>a1</sup>	11,51 <sup>b</sup>
Treonina	3,6 <sup>a</sup>	3,25 <sup>b</sup>
Serina	5,51 <sup>a</sup>	4,88 <sup>b</sup>
Ácido glutâmico	19,92 <sup>a</sup>	17,22 <sup>b</sup>
Prolina	4,58 <sup>a</sup>	3,81 <sup>b</sup>
Glicina	4,24 <sup>a</sup>	3,77 <sup>b</sup>
Alanina	4,49 <sup>a</sup>	3,97 <sup>b</sup>
½ Cistina	0,93 <sup>a</sup>	0,83 <sup>b</sup>
Valina	4,07 <sup>a</sup>	3,93 <sup>b</sup>
Metionina	0,51 <sup>b</sup>	0,99 <sup>a</sup>
Isoleucina	4,03 <sup>a</sup>	3,81 <sup>b</sup>
Leucina	7,8 <sup>a</sup>	7,02 <sup>b</sup>
Tirosina	2,75 <sup>a</sup>	2,34 <sup>b</sup>
Fenilalanina	6,57 <sup>a</sup>	5,71 <sup>b</sup>
Lisina	7,16 <sup>a</sup>	5,91 <sup>b</sup>
Amônia	1,95 <sup>a</sup>	1,71 <sup>b</sup>
Histidina	3,35 <sup>a</sup>	2,78 <sup>b</sup>
Arginina	11,57 <sup>a</sup>	9,44 <sup>b</sup>

<sup>1</sup>Valores contendo letras iguais minúsculas para linhas não apresentam diferenças significativas (p≤0,05)

**TABELA 10** – Composição em aminoácidos, mg/100 mg proteína<sup>1</sup>, na amostra de grão-de-bico cru e cozido na dose de radiação de 10 kGy

Aminoácidos	Dose de radiação	
	Grão-de-bico cru	Grão-de-bico cozido
	10 kGy	10 kGy
Ácido Aspártico	12,54 <sup>a1</sup>	12,02 <sup>b</sup>
Treonina	3,52 <sup>a</sup>	3,45 <sup>b</sup>
Serina	5,25 <sup>a</sup>	5,08 <sup>b</sup>
Ácido glutâmico	18,47 <sup>b</sup>	18,57 <sup>a</sup>
Prolina	4,03 <sup>a</sup>	3,97 <sup>b</sup>
Glicina	4,03 <sup>a</sup>	3,97 <sup>b</sup>
Alanina	4,19 <sup>b</sup>	4,21 <sup>a</sup>
½ Cistina	0,93 <sup>a</sup>	0,87 <sup>b</sup>
Valina	3,81 <sup>b</sup>	4,13 <sup>a</sup>
Metionina	0,64 <sup>b</sup>	1,19 <sup>a</sup>
Isoleucina	3,64 <sup>b</sup>	3,97 <sup>a</sup>
Leucina	7,37 <sup>a</sup>	7,38 <sup>a</sup>
Tirosina	2,5 <sup>b</sup>	2,52 <sup>a</sup>
Fenilalanina	5,39 <sup>b</sup>	5,87 <sup>a</sup>
Lisina	6,91 <sup>a</sup>	6,07 <sup>b</sup>
Amônia	1,86 <sup>a</sup>	1,83 <sup>b</sup>
Histidina	2,5 <sup>a</sup>	1,59 <sup>b</sup>
Arginina	10,51 <sup>a</sup>	9,25 <sup>b</sup>

<sup>1</sup>Valores contendo letras iguais minúsculas para linhas não apresentam diferenças significativas (p≤0,05).

Comparando-se o efeito da irradiação (*Tabela 7*), pode-se observar para o grão de bico cru, que o melhor tratamento para a composição de aminoácidos foi a dose de 6 kGy, com exceção da metionina. O mesmo não ocorreu para o grão-de-bico cozido, que apresentou melhor composição de aminoácido na dose de 10 kGy, tendo como exceção da lisina, histidina e arginina.

Nas *Tabelas 8, 9 e 10*, pode-se observar que o grão-de-bico cru apresenta, estatisticamente, melhor composição de aminoácidos que o cozido.

A avaliação dos dados (*Tabela 11*) indica que o aminoácido limitante para a maior parte dos tratamentos foi a metionina, com exceção do tratamento com 10 kGy para o grão-de-bico cozido, o qual apresentou como limitante a histidina que apresentou o mais baixo percentual (46,7%). A limitação da metionina pode ter ocorrido pela não proteção da mesma na realização da análise. O mesmo não ocorreu num estudo realizado por TAVANO [39], que encontrou como aminoácido limitante o triptofano, sendo que este apresentou o mais baixo percentual (56,4%) em relação ao recomendado pela FAO. A quantidade de triptofano não foi determinada, como pode ser observado nas *Tabelas 7 a 11*.

Em relação aos aminoácidos essenciais o grão-de-bico apresentou um valor nutricional adequado, exceto para metionina e histidina. É importante ressaltar que para a alimentação de adultos e pré-escolares, a proteína do grão-de-bico não apresentou limitação.

No presente estudo, o aquecimento não causou prejuízos à composição de aminoácidos do grão-de-bico, embora no trabalho de ADAWY [2] tenha havido redução nos aminoácidos sulfurados. ASTIASARAN; CANDELA & BELLO [7] não encontraram reduções dos teores de aminoácidos essenciais do grão-de-bico após cozimento dos mesmos, por fervura, durante 3 h.

Analisando a composição de aminoácidos do grão-de-bico, verificaram que o único aminoácido que sofreu redução foi a arginina e  $\frac{1}{2}$  cistina, quando estes são submetidos ao aquecimento a 120°C durante 50 min [16]. O mesmo ocorreu neste estudo embora o tempo de cocção tenha sido menor 121°C durante 10 min.

BRAGA [11], estudando o perfil de aminoácido de diferentes cultivares (IAC-Índia GB-3, IAC-Índia GB-4, IAC-Marrocos e IAC-México) do grão-de-bico, verificou que estes apresentaram variação quanto ao conteúdo de aminoácidos, embora apresentem valores adequados, sendo que a metionina foi o aminoácido que mais variou entre as amostras analisadas. O mesmo ocorreu no presente estudo tanto para as doses como para os tratamentos.

ASTIASARAN; CANDELA & BELLO [7] observaram, para o grão-de-bico, que a lisina foi o único aminoácido que sofreu redução com a cocção. Já a lentilha teve redução de isoleucina, leucina, sendo mais afetada pela cocção. No presente estudo, pode ser observado que a cocção diminuiu a quantidade de valina, metionina, isoleucina leucina, fenilalanina e histidina, embora tenham apresentado valores de acordo com a literatura (*Tabela 11*), apesar da redução, com exceção da metionina e da histidina.

De acordo com a *Tabela 11*, a proporção metionina /  $\frac{1}{2}$  cistina apresentou valores abaixo do recomendado, embora com a irradiação essa proporção tenha aumentado para 55,6%; 73% e 82,5% para as amostras a 0, 6 e 10 kGy, respectivamente. Mas sendo a metionina o aminoácido sulfurado de maior interesse, uma vez que na proporção metionina /  $\frac{1}{2}$  cistina, a cisteína poderia requisitar a metionina como precursor, numa eventual necessidade de síntese no organismo [33].

#### 4 - CONCLUSÕES

Nas condições em que foi realizado o experimento, pode-se concluir que:

- Considerando o efeito da cocção na composição centesimal, só não houve alteração no teor de proteína e, na composição mineral, só se alterou o potássio.
- A melhor digestibilidade da proteína foi apresentada pelos grãos cozidos que receberam as maiores doses de radiação. O mesmo comportamento foi observado para a diálise de ferro.
- Tanto a irradiação como o processo de cocção promoveram alterações nos teores de aminoácidos.

**TABELA 11** – Score de aminoácidos (%) nas amostras de grão-de-bico cru e cozido no controle e nas doses de radiação 6 e 10 kGy, comparado-se com as necessidades de aminoácidos essenciais em humanos

Aminoácido	Padrão FAO1		Score de aminoácido (%) <sup>2</sup>					
	Pré-escolar	Adulto	Grão-de-bico cru			Grão-de-bico cozido		
			Controle	6 kGy	10 kGy	Controle	6 kGy	10 kGy
Treonina	3,4	0,9	97,21	105,93	103,44	96,87	95,1	101,54
Valina	3,5	1,3	106,54	119,6	112,16	110,8	115,5	121,4
Metionina+ $\frac{1}{2}$ Cistina	2,5	1,7	59,3	57,6	62,8	55,6	73	82,5
Isoleucina	2,8	1,3	127,2	143,7	130,2	136	136	141,7
Leucina	6,6	1,9	105,3	229,3	216,9	210,1	206,6	217,1
Tirosina+Fenilalanina	6,3	1,9	130,5	373	335,6	131	322,2	335
Lisina	5,8	1,6	113,2	123,5	119	110,2	102	104,7
Histidina	1,9	1,6	133,8	98,5	73,5	79,4	81,7	46,7

<sup>1</sup>Padrão de aminoácidos da FAO [18] de acordo com TAVANO [39] para humanos segundo suas necessidades. <sup>2</sup>Resultado representa os percentuais relativos de cada aminoácido ao valor de referência da FAO para pré-escolares



O nível recomendado de radiação para conservação de grão-de-bico, assim como para outras leguminosas, é de 1 kGy. Neste experimento, foram utilizadas doses mais altas para diminuir o fator antinutricional. Portanto, pode-se verificar que a irradiação constitui-se em um método de conservação eficaz, pois não causa grandes alterações nutricionais.

## 5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Sistema de legislação em vigilância sanitária**. <http://www.anvisa.com.br> (04 jul. 2004)
- [2] ADAWY, A.T.E. Nutritional composition and antinutritional factors of chickpeas (*Cicer arietinum* L.) undergoing different cookin methods and germanation. **Plant Food for Human Nutrition**, v. 57, n. 1, p. 83-97, 2002.
- [3] AHMED, M. Up-to-date status of food irradiation. **Radiation Physics Chemistry**, v. 42, p. 245-251, 1993.
- [4] AKESON, W.R.; STAHPMAN, M.A.A. Pepsina-pancreatina digest index of protein quality evaluation. **Journal Nutrition**, v. 83, p. 257-261, 1964.
- [5] ARMELIN, J.M. Efeito da irradiação gama na capacidade de hidratação e cocção de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Agropecuária**, Resumos. São Paulo, USP, 310 p., 2003.
- [6] ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official methods of analysis**. 16<sup>th</sup> ed. Washington, v. 2, cap. 32, p. 22-23, Cereal Foods, 1995.
- [7] ASTIASARAN, I.; CANDELA, M.; BELLO, J. Cooking and warm-holding: effect on genetal composition and amino acids of kidney beans (*Phaseolus vulgaris*), chickpeas (*Cicer arietinum*), and lentils (*Lens culinaris*). **Journal Food Chemisty**, v. 45, n. 12, p. 4.763-4.767, 1997.
- [8] AVANCINI, S.R.; SALES, A.M.; AGUIRRE, J.M.; MANTOVANI, D.M.B. Composição química e valor nutricional de cultivares de grão-de-bico produzidos no Estado de São Paulo. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, v. 22, n. 2, p. 145-53, jul./dez. 1992.
- [9] BOCCIA, G.L.; LULLO, G.; CARNOVALE, E. *In vitro* dialysability from legumes: influence of phytate and extrusion cooking. **Journal Science Food Agriculture**, v. 55, n. 1, p. 599-605, 1991.
- [10] BRAGA, N.R. Possibilidades da cultura do grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) na microrregião de Viçosa, Minas Gerais: competição entre cultivares e nutrição mineral. Viçosa, 1997. 101 p. Tese (doutorado). Universidade Federal de Viçosa.
- [11] BRAGA, N.R.; VIEIRA, R.F.; RAMOS, J.A.O. A cultura do grão-de-bico. **Informe Agropecuário**, v. 16, n. 174, p. 47-52, 1992.
- [12] BRIGIDE, P. Disponibilidade de ferro em grãos de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) irradiados. Piracicaba, 2002. 71 p. Dissertação (mestrado), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo.
- [13] CANNIATTI-BRAZACA, S.G.; SILVA, F.C. da. Enhancers and inhibitors of iron availability in legumes. **Plant Food for Human Nutrition**, v. 58, p. 1-8, 2004.
- [14] CENTRO DE ENERGIA NUCLEAR NA AGRICULTURA (CENA). **Irradiação de alimentos**. <http://www.cena.usp.br> (12 jul. 2003)
- [15] CHAVAN, J.K.; KADAN, S.S.; SALUNKHE, D.K. Biochemistry and technology chickpea (*Cicer arietinum*) seeds. **Food Sciencies and Nutrition**, v. 25, p. 107-58, 1988.
- [16] CLEMENTE, A. Effect of cooking on protein quality of chickpea (*Cicer arietinum*) seeds. **Food Chemistry**, v. 62, n. 1, p. 1-6, 1998.
- [17] DILAWARI, J.B. Reduction of postprandial plasma glucose by Bengal gram dhal (*Cicer arietinum*) and Rajmah (*Phaseolus vulgaris*). **American Journal Clinical Nutricional**, v. 34, p. 2.450-03, 1981.
- [18] FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. <http://www.apps.fao.org> (20 fev. 2003).
- [19] GERMANO, R.M. de A. Disponibilidade de ferro na presença do  $\beta$ -caroteno e os efeitos dos interferentes em combinações de alimentos. Piracicaba, 2002. 95 p. Dissertação (mestrado), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo.
- [20] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Tabelas de composição de alimentos**. 4<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro, 24-36 p., 1996.
- [21] KHOKAR, S.; CHANHAN, B.M. Effect of domestic processing and cooking on *in vitro* protein digestibility of north bean. **Journal of Food Science**, v. 51, p. 1.083–1.085, 1986.
- [22] LUTEN, J.; CREWS, H.; FLYNN, A.; *et al.* Interlaboratory trial on the determination of the *in vitro* dialysability from food. **Journal of the Science of Food an Agriculture**, v. 72, n. 4, p. 415-424, 1996.
- [23] MANCINI-FILHO, J. Efeitos das radiações gama sobre algumas características físicos-químicas e nutricionais de feijões (*Phaseolus vulgaris* L.) armazenados. São Paulo. 1990. 100 p. Tese (doutorado), Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Universidade de São Paulo.
- [24] MARQUEZ, M.C.; FERNANDEZ, V.; ALONSO, R. Effect of dry heat on the *in vitro* digestibility and tripsin inhibitor activity of chickpea flour. **International Journal of Science and Tecnology**, v. 33, p. 527-532, 1998.
- [25] MOLINA, M.R.; FUENTE, G. de LA; BRESSANI, R. Interrelationships between storage, soaking time, cooking time, nutritive value and other characteristics of the black bean (*Phaseolus vulgaris*). **Journal of Food Science**, v. 40, p. 587-591, 1975.
- [26] MOORE, S.; STEIN, W. Chromatographic determination of amino acids by the use of automatic recording. **Methods in Enzymology**, v. 6, n. 1, p. 819-831, 1963.
- [27] MONSOOR, M.A.; YUSUF, H.K.M. *In vitro* protein digestibility of lathyrus pea (*Lathrus sativus*), lentil (*Lens culinaris*), and chickpea (*Cicer arietinum*). **International Journal of Food Science and Technology**, v. 37, n. 1, p. 97-99, 2002.
- [28] MORENO, C.R.; CARRILLO, J.M.; RODELO, E.A.; ESPARZA, J.O. Influence of storage at high temperature and high relative humidity on seed quality of chickpea (*Cicer arietinum* L.). **Food Science Techonology International**, v. 6, n. 2, p. 473-482, 2000.
- [29] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (LATINFOODS). **Tabla de composición de alimentos de América Latina**. <http://www.rlc.fao.or/bases/alimentos/default.htm> (8 dez. 2000)
- [30] PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 10<sup>a</sup> ed. São Paulo, Nobel, 468 p., 1982.

- [31] PINN, A.B.R. Os efeitos das radiações gama sobre a disponibilidade do ferro em feijões (*Phaseolus vulgaris* L.). São Paulo, 1992. 129 p. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Universidade de São Paulo.
- [32] QUEIROZ, K.S.; COSTA, G.E. A.; OLIVEIRA, A.C. Composição centesimal de grão de ervilha (*Pisum sativum*), feijão-comum (*Phaseolus vulgaris*), grão-de-bico (*Cicer arietinum*) e lentilha (*Lens culinaris*) crus e cozidos liofilizados. In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 18., Porto Alegre, 2002. **Integração pesquisa indústria**. Resumo em CAB Abstracts on CD-ROM, 2002.
- [33] REEDS, P.J. Dispensable and indispensable amino acids for humans. **Journal Nutritional**, v. 130, n. 1, p. 1.835S-40S, 2000.
- [34] SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ/USP, 56 p., 1974.
- [35] SINGH, U.; JAMBUNATHAN, R. Studies on desi and kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars: level of protease inhibitors, level of polyphenolic compounds an *in vitro* protein digestibility. **Journal Food of Science**, v. 46, p. 1.364-7, 1981.
- [36] SPACKMAN, D.H.; STEIN, W.H.; MOORE, S. Automatic recording apparatus for use in the chromatography of amino acids. **Analytical Chemistry**, v. 30, p. 1.190-1.206, 1958.
- [37] SPIES, J.R. Colorimetric procedures for aminoacids. **Methods in Enzymology**, v. 3, p. 468-471, 1957.
- [38] STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. **SAS/ QC software: usage and reference**. Version 6. 2<sup>nd</sup> ed., Cary, 2 v., 1996.
- [39] TAVANO, O.L. Avaliação nutricional de frações protéicas do grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) var. IAC- Marrocos: estudo *in vivo* e *in vitro*. Araraquara, 2002. 94 p. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Universidade Estadual Paulista (Unesp).
- [40] TOTAL DIETARY FIBER ASSAY KIT. **Sigma Technical Bulletin**, n. TDFAB-3, p. 1-4, 2000.
- [41] UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Faculdade de Ciências Farmacêuticas. **Tabela de composição de alimentos**. <http://www.fcf.usp.br> (20 fev. 2001)
- [42] UNITED STATES OF AGRICULTURE AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE (USDA). **National nutrient database for standard reference release**. <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp> (15 Jul. 2004).
- [43] VILLAVICENCIO, A.L.C.H. Avaliação dos efeitos da radiação ionizante de <sup>60</sup>Co em propriedades físicas, químicas e nutricionais dos feijões *Phaseolus vulgaris* L. e *Vigna unguiculata* (L) Walp. São Paulo, 1998. 138 p. Tese (doutorado) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Universidade de São Paulo.

## 6 - AGRADECIMENTOS

A todas as pessoas que, direta ou indiretamente, colaboraram para realização deste trabalho.