

CARACTERIZAÇÃO NUTRICIONAL DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.) APÓS PROCESSAMENTO TÉRMICO

Cassiano Oliveira da Silva¹
José Carlos Gomes¹
Neuza Maria Brunono Costa²
Nélio José de Andrade¹
Valéria Paula Rodrigues Minim¹

RESUMO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em grão é uma das principais fontes de proteína para a população de baixa renda. É geralmente adquirido na forma de grãos secos e crus, demandando longo tempo para o preparo, o que o torna pouco competitivo em relação aos produtos semiprontos ou prontos para o consumo. Prepararam-se quatro farinhas de feijão desidratadas em spray dryer para avaliação do efeito de dois fatores: o tipo de cozimento em tacho aberto ou em autoclave, e a adição ou não de carbonato de sódio até pH 7,0 antes da desidratação. Também foi avaliada uma farinha de feijão Cariquinha extrusado comercial. A farinha crua com os grãos moídos da variedade utilizada nos tratamentos foi utilizada como referência. Os valores de Protein Efficiency Ratio (PER) e Relative Protein Efficiency Ratio (RPER) variaram de 1,12 a 1,56; 28,98 a 40,24% respectivamente, inferiores ($p < 0,05$) aos obtidos para a caseína, indicando que as proteínas das farinhas têm baixa qualidade protéica. Os valores de Net Protein Ratio (NPR) e Relative Net Protein Ratio (RNPR) foram significativamente menores que os encontrados na caseína e variaram de 2,42 a 2,75; 64,63 a 62,15%, respectivamente. Não houve diferença significativa entre os valores de PER e NPR das dietas formuladas com farinha de feijão. A digestibilidade verdadeira da caseína foi superior ($p < 0,05$) à das farinhas. A digestibilidade da farinha de feijão extrusado foi superior ($p < 0,05$) à da farinha cozida em tacho aberto, sem adição de carbonato de sódio, e à da farinha autoclavada com adição de carbonato de sódio. Dentre os tratamentos avaliados, a farinha de feijão autoclavada com ajuste de pH para 7,0 e desidratada em *spray dryer*, parece ser a mais indicada por apresentar melhores propriedades funcionais e possibilitar maior produtividade com tempo menor de processamento em relação ao cozimento em tacho aberto.

As farinhas de feijão desenvolvidas têm aplicação na elaboração de produtos semiprontos, como sopas e caldos, que têm como uma de suas principais características a praticidade e rapidez de preparo, podendo também ser utilizadas como ingredientes em diversas formulações e são alternativas para enriquecimento, haja vista sua boa aceitação junto à população.

Palavras-chave: feijão, farinhas pré-cozidas, processamento, *spray-drying*.

ABSTRACT

NUTRITIONAL CHARACTERIZATION OF COMMON BEAN (*Phaseolus vulgaris* L.) AFTER HEAT TREATMENT

Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is an important source of protein for low income populations. It is usually purchased as dry and raw beans, and its preparation is time consuming, which makes it less competitive than semi-ready or ready products. The objective of this work was to develop Cariquinha bean flour, pre-cooked and dehydrated by spray dryer, and to evaluate the effects of the processing and dehydration on nutritional properties. Four bean flours dehydrated by spray dryer were developed and analyzed in terms of the effect of two factors: cooking method, in open tank or autoclaving; with or without sodium carbonate addition until pH 7.0 before dehydration.

¹Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. E-mail: casilva@ufv.br

²Departamento de Nutrição e Saúde da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

Commercially extruded Carioquinha bean flour was also evaluated. The raw flour with milled grains of the variety used in the treatments was used as a reference. The values of Protein Efficiency Ratio (PER) and Relative Protein Efficiency Ratio (RPER) ranged between 1.12 and 1.56; 28.98 and 40.24%, respectively. These values were lower ($p < 0.05$) than those obtained for casein, suggesting a low quality of the protein in these flours. The values of Net Protein Ratio (NPR) and Relative Net Protein Ratio (RNPR) were significantly lower than those obtained for casein, and varied from 2.42 to 2.75; 64.63 to 62.15%, respectively. There was no significant difference between the values of PER and NPR for the diets formulated with bean flour. The true digestibility of casein was higher ($p < 0.05$) than that of the flours. The digestibility of the extruded bean flour was higher ($p < 0.05$) than that of the flour cooked in open tank without sodium carbonate, and also of the autoclaved flour with. Among all the treatments, the autoclaved bean flour with the addition of sodium carbonate and dehydrated by spray dryer is indicated due to its higher functional properties and productivity, and lower processing time, in relation to cooking in open tank. These bean flours have applications for semi ready-to-eat products like soups and broth, due to their practicality and readiness of preparation, and are also good alternatives for enrichment.

Key words: common bean, pre-cooked flours, processing, spray drying.

INTRODUÇÃO

O feijão é a leguminosa mais consumida na dieta humana, tanto no Brasil como em outros países da América do Sul. Como alimento, representa uma importante fonte de nutrientes, como proteínas, carboidratos complexos, vitaminas, minerais e fibras (Coelho, 1991; Geil & Anderson, 1994). Entretanto, as proteínas do feijão apresentam baixo valor nutricional, decorrente, por um lado, da sua baixa digestibilidade e, de outro, dos reduzidos teores e da disponibilidade de aminoácidos sulfurados (Fukuda *et al.*, 1982). Raramente, os nutrientes contidos no alimento estão disponíveis, em sua totalidade, ao organismo, após sua ingestão (Sgarbieri, 1989). Assim, deve-se proceder às análises biológicas que avaliam a qualidade protéica e baseiam-se na resposta do organismo à ingestão de uma proteína em estudo.

Os grãos de leguminosas são considerados complementares aos de cereais que contêm baixo conteúdo de lisina e adequado teor de aminoácidos sulfurados. No Brasil, o arroz e o feijão são a base alimentar da população. Misturados na proporção adequada, melhora-se o valor biológico das proteínas consumidas (Vieira, 1992).

O valor nutritivo da proteína de grãos de *Phaseolus vulgaris* L. é aumentado pelo processamento térmico, especialmente pelo calor úmido. Isso decorre, provavelmente, da desnaturação das proteínas e dos fatores antinutricionais de natureza protéica, já que, para exercer os seus efeitos biológicos *in vivo*, estes fatores

precisam manter a sua integridade estrutural (Chiaradia & Gomes, 1997). Além disso, o aumento do valor nutricional pode ser resultante de maior acessibilidade das proteínas do feijão ao ataque enzimático, devido à desnaturação térmica. O processo térmico deve garantir suficiente inativação dos fatores antinutricionais, ao mesmo tempo em que previne a degradação de aminoácidos essenciais (Poel *et al.*, 1990).

O feijão cozido é considerado uma das melhores fontes vegetais de tiamina, piridoxina, niacina e ácido fólico, porém, contém baixos níveis de vitaminas lipossolúveis e ácido ascórbico. Embora o feijão possua conteúdo elevado de muitos minerais essenciais, sua biodisponibilidade é menor que a de produtos de origem animal, em virtude da presença de fatores antinutricionais, como compostos fenólicos, oxalatos e fibras (Sathe *et al.*, 1984; Geil & Anderson, 1994). Os feijões possuem quantidades apreciáveis de fibras solúveis (pectinas, gomas e galactanas), que apresentam efeito hipocolesterolemiantes e hipoglicemiantes em humanos.

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) possui alguns atributos indesejáveis, os quais devem ser removidos ou eliminados para sua efetiva utilização (Sathe *et al.*, 1984; Gupta, 1987). A Tabela 1 apresenta algumas das principais características nutricionais de feijões comuns.

O ácido fítico pode se complexar com proteínas, minerais bivalentes e amido, podendo comprometer a

Tabela 1. Características nutricionais de feijões comuns (*Phaseolus vulgaris* L.)

1. Fatores positivos	a. Alto conteúdo de proteína b. Alto conteúdo de lisina c. Excelente complementação protéica para orgãos de cereais
2. Fatores limitantes	a. Fatores físicos a.1. Difícil cozimento b. Substâncias antifisiológicas b.1. Compostos polifenólicos b.2. Hemaglutininas b.3. Inibidores de tripsina b.4. Ácido fítico b.5. Fatores de flatulência c. Fatores nutricionais c.1. Deficiência de aminoácidos sulfurados c.2. Baixa digestibilidade protéica

Fonte: Bressani, 1981, citado por Chiaradia (1997).

biodisponibilidade desses nutrientes (Oliveira *et al.*, 2003). Essa insolubilidade constitui a principal razão da reduzida biodisponibilidade desses complexos (Torre *et al.*, 1991; Schlemmer *et al.*, 1995).

A baixa qualidade das proteínas de feijão poderia também ser provocada pela presença de fitatos, que se ligam às proteínas, diminuindo a susceptibilidade à proteólise. Considerando que enzimas digestivas também são proteínas, os fitatos podem afetar potencialmente, de forma adversa, a atividade enzimática por ligação direta com elas, provocando sua inativação enzimática. Em qualquer situação, redução ou perda de enzimas digestivas pode diminuir a quantidade de enzimas disponíveis para a digestão de proteínas, resultando assim em baixa qualidade nutricional das proteínas (Sathe, 2002).

O ácido fítico em baixas doses pode atuar positivamente sobre a saúde, apresentando ação protetora contra o câncer, redução da formação de cálculos renais e prevenção de doenças cardiovasculares (Szkudelski, 1997).

Compostos fenólicos são classificados como ácidos fenólicos e derivados, taninos e flavonóides (Salunkhe *et al.*, 1982).

A maior concentração de polifenóis é encontrada no tegumento (cascas) de grãos coloridos e, a menor, na casca de grãos brancos ou em outra parte anatômica da semente (Thompson & Serraino, 1986; Coelho, 1991). Esses complexos podem modificar a estrutura do epitélio intestinal, levando à inibição irreversível do transporte de alguns nutrientes (Villanueva & Larralde, 1987).

As lectinas são glicoproteínas presentes no feijão

e em outros vegetais. Todas essas propriedades parecem ser decorrentes da capacidade das lectinas reconhecerem e se ligarem a carboidratos presentes nas células e a outras glicoproteínas (Sgarbieri & Whitaker, 1982). A ação das lectinas tem sido atribuída à ligação com as células da mucosa intestinal, causando mau funcionamento, ruptura e lesão no intestino delgado e, conseqüentemente, interferência na absorção de nutrientes, e também à passagem de proteínas e microrganismos para o sistema porta de aves e mamíferos e direta ação destes sobre as enzimas digestivas (Thompson & Serraino, 1986).

O grau de inativação dos inibidores de proteases pelo tratamento térmico depende da temperatura, do tamanho da partícula e do conteúdo de umidade do alimento. O inibidor de tripsina é destruído por vapor durante 15 minutos, quando o teor de umidade é de 20%, mas quando é de 60% são suficientes 5 minutos.

A fibra alimentar pode modificar e diminuir a digestibilidade das proteínas, por aumentar a excreção de nitrogênio (Kritchevski, 1988). No intestino, a fibra alimentar altera o metabolismo bacteriano. A qualidade da proteína refere-se a sua capacidade de satisfazer os requerimentos nutricionais do homem por aminoácidos essenciais e nitrogênio não-essencial para síntese protéica. Isso pode ser avaliado pelo teor de aminoácidos associado à digestibilidade da proteína (Walker, 1983). As proteínas de feijão apresentam, normalmente, digestibilidade reduzida no estado nativo e, em geral, maior após tratamento térmico (Wu *et al.*, 1994). Postula-se que a digestibilidade aparente pode estar relacionada com a estrutura da proteína, visto que os fatores antinutricionais são termolábeis e, portanto, são destruídos ou inativados parcial ou totalmente com a cocção (Fukuda *et al.*, 1982).

Este trabalho teve como objetivo avaliar se os processamentos utilizados na elaboração da farinha de feijão seca em *spray dryer* ou extrusada influenciaram na qualidade protéica do feijão, utilizando um ensaio biológico para determinar a digestibilidade, o PER e o NPR da proteína da farinha.

MATERIAL E MÉTODOS

Material

Foram utilizadas cinco amostras de farinhas de

feijão no ensaio para avaliação da qualidade protéica. Quatro farinhas foram desidratadas por *spray dryer*, com os seguintes tratamentos: feijão cozido em tacho aberto e sem ajuste do pH (D1), feijão autoclavado e sem ajuste do pH (D2), feijão cozido em tacho aberto e com ajuste do pH do caldo para 7,0 (D3) e feijão autoclavado e com ajuste do pH do caldo para 7,0 (D4); e ainda uma amostra de farinha de feijão extrusado (D5), fornecida pela indústria Pink Alimentos, localizada em Belo Horizonte, Minas Gerais.

Os experimentos foram conduzidos nos laboratórios de Nutrição Experimental do Departamento de Nutrição e Saúde e de Análise de Alimentos do Departamento de Tecnologia de Alimentos.

Ensaio biológico

Foram utilizados no ensaio biológico 42 ratos (*Rattus norvegicus*, variedade *albinus*, Rodentia), machos da raça Wistar, provenientes do biotério da Universidade Federal de Viçosa. Os animais eram recém-desmamados, com cerca de 23 dias de idade, pesando entre 52 e 63 g, com média de 58,0 g. Os ratos foram divididos em sete grupos de seis animais, de forma sistemática, a fim de possibilitar a menor variação

possível intra e intergrupo. Eles foram mantidos em gaiolas individuais, onde receberam água destilada e alimento *ad libitum* durante 14 dias, com ciclo de luz de 12 horas e temperatura de $23 \pm 2^\circ\text{C}$, conforme recomendação da AOAC (1998).

O experimento constituído de 7 grupos, sendo um grupo controle com dieta livre de nitrogênio (LN) e outro com dieta padrão de caseína (CAS). Os demais grupos foram constituídos de dietas, contendo como fonte protéica as farinhas de feijão. O teor protéico da dieta foi ajustado de modo a fornecer entre 9,0 e 10,0% de proteína. A dieta utilizada foi a AIN-93G modificada, cuja composição está expressa na Tabela 2. As dietas de farinhas de feijão não foram acrescidas de celulose em função do elevado teor de fibras alimentares desse ingrediente.

O teor de proteína das farinhas de feijão e das dietas foram determinados pelo método de semimicro *Kjeldahl* (AOAC, 1998), multiplicando-se o teor de nitrogênio pelo fator 6,25.

O consumo alimentar e o peso corporal dos animais foram registrados semanalmente. A ingestão alimentar foi utilizada para o cálculo do coeficiente de eficiência alimentar, bem como o cálculo de digestibilidade das fontes protéicas.

Tabela 2. Dieta AIN-93G modificada para ensaio biológico de qualidade protéica

Ingredientes (g/100g)	Dietas						
	LN	CAS	D1	D2	D3	D4	D5
Caseína	-	11,40	-	-	-	-	-
Far. feijão atomizado (tacho aberto e s/ ajuste de pH)	-	-	45,74	-	-	-	-
Far. feijão atomizado (autoclave e s/ ajuste de pH)	-	-	-	44,93	-	-	-
Far. feijão atomizado (tacho aberto e c/ ajuste de pH)	-	-	-	-	45,54	-	-
Far. feijão atomizado (autoclave e c/ ajuste de pH)	-	-	-	-	-	45,74	-
Farinha de feijão extrusado	-	-	-	-	-	-	38,33
Maltodextrina	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2
Celulose microfina	5,0	5,0	-	-	-	-	-
Sacarose	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Óleo de soja	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
Mistura salínica	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Mistura vitamínica	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
L-cistina	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Bitartarato de colina	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Amido de milho (q.s.p.)	59,75	48,35	19,01	19,82	19,21	19,01	26,42
Proteína (%)	-	9,93	10,04	10,01	10,10	10,17	10,01

Digestibilidade *in vivo*

Para determinação da digestibilidade, as dietas foram marcadas com índigo carmim, na proporção de 100 mg de índigo carmim/100 g de dieta, e oferecidas aos animais no 7º e 10º dia do experimento.

As fezes foram coletadas entre o 8º e o 11º dia, armazenadas em recipientes individuais, e mantidas sob refrigeração até o período de análise. Ao término do experimento, as fezes foram secas em estufa (marca Fanem) com circulação de ar a 105°C por 24 h, logo resfriadas em dessecador, trituradas em multiprocessador (marca Arno), pesadas em balança analítica e o nitrogênio fecal foi determinado pelo método semimicro Kjeldahl (AOAC, 1998).

O cálculo da digestibilidade verdadeira (DV) é feito de acordo com a equação abaixo:

$$DV(\%) = \frac{I - (F - F_k)}{I} \times 100$$

em que

DV = digestibilidade verdadeira

I = nitrogênio ingerido (mg) pelo grupo-teste

F = nitrogênio fecal (mg) do grupo-teste

F_k = nitrogênio fecal (mg) do grupo com dieta aprotéica

A digestibilidade verdadeira relativa (DV) é expressa como:

DV relativa = DV do grupo-teste / DV da caseína

Protein Efficiency Ratio (PER) e Coeficiente de eficácia alimentar (CEA)

O PER foi determinado no 14º dia do experimento, considerando-se o ganho de peso do animal em relação à proteína ingerida.

Para o cálculo do PER, utiliza-se a seguinte fórmula:

PER = ganho de peso (g) do grupo-teste / proteína consumida (g) pelo grupo-teste

Os valores obtidos podem ser expressos como percentual em relação ao valor obtido para a dieta de caseína, que é considerada 100%. Este percentual é denominado PER relativo (RPER).

O coeficiente de eficácia alimentar também foi determinado no 14º dia do experimento e é definido como:

$$CEA = \frac{\text{ganho de peso (g) do grupo teste} \times 100}{\text{consumo alimentar (g) do grupo teste}}$$

Net Protein Ratio (NPR)

O NPR foi determinado no 14º dia do experimento com ratos, levando-se em consideração o ganho de peso do grupo-teste mais a perda de peso do grupo de dieta aprotéica, em relação ao consumo de proteína do grupo-teste, de acordo com Bender & Doell (1957). O valor de NPR das dietas dos grupo-teste expresso como percentual em relação à caseína é denominado NPR relativo (RNPR).

$$NPR = \frac{\text{ganho de peso (g) grupo-teste} + \text{perda de peso (g) do grupo aprotéico}}{\text{proteína consumida (g) do grupo-teste}}$$

Análises Estatísticas

Os resultados obtidos a partir do experimento no delineamento em blocos casualizados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, com o auxílio do programa SAEG-UFV 8.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conteúdo protéico, coeficiente de eficácia alimentar, PER e NPR

O teor de proteína encontrado para as farinhas de feijão variou de 22,49 a 26,39% (Tabela 3). A farinha de feijão extrusado apresentou teor de proteína superior ($p < 0,05$) aos obtidos para as farinhas de feijão desidratadas por atomização, devido à baixa umidade do produto.

Os ratos alimentados com as dietas controle e experimental apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) com relação ao ganho de peso e ao coeficiente de eficácia alimentar, durante o ensaio biológico. Constatou-se menor ganho de peso para os animais

Tabela 3. Teor de proteína das farinhas de feijão utilizadas na composição das dietas dos animais

Tratamentos	Teor de Proteína*
D5	26,39 % a
D1	23,02 % b
D2	22,82 % bc
D4	22,49 % c
D3	22,41 % c

* As médias de tratamentos seguidas de mesmas letras, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.