

## O processamento doméstico do feijão-comum ocasionou uma redução nos fatores antinutricionais fitatos e taninos, no teor de amido e em fatores de flatulência rafinose, estaquiase e verbascose

*Amar Costa de Oliveira, Keila da Silva Queiroz, Elizabete Helbig, Soely Maria Pissini Machado Reis, Francisco Carraro*

Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil

**RESUMO.** Avaliou-se o efeito da maceração e do processamento doméstico do feijão-comum na composição química, nos teores de fitatos, de taninos, de amido e de fatores de flatulência, utilizando os seguintes tratamentos: feijão-comum cru (FC), cozido sem maceração liofilizado (FCSM), cozido sem água de maceração não absorvida liofilizado (FCSAM), cozido com água de maceração não absorvida liofilizado (FCCAM) e na água de maceração (AM). Os feijões foram macerados por um período de 16 horas, na proporção 3:1 (água:feijão), em temperatura ambiente. Através de ensaio biológico com ratos machos Wistar, estudou-se o efeito de fitatos e taninos no quociente de eficiência protéica líquida (NPR) e digestibilidade protéica. Observou-se redução nos teores de fitatos (85%) pela utilização da maceração. No caso do conteúdo de taninos, somente o processo de cozimento do feijão promoveu alta decomposição dos mesmos (84%). No tratamento (FCSAM) observou-se redução nos teores de rafinose (25,0%), estaquiase (24,8%) e verbascose (41,7%) e no teor de amido (26,8%). No ensaio biológico observou-se que o NPR da dieta controle (caseína) e da dieta caseína mais sólidos solúveis da água de maceração, não apresentaram diferença significativa ( $p>0,05$ ); entre os tratamentos de feijão também não houve diferença significativa, sendo os valores dos NPR menores do que aqueles da caseína. A digestibilidade do tratamento (FCSM) foi a maior dentre os tratamentos de feijão ( $74,3\pm 5,8\%$ ); a caseína apresentou valor de  $94,6\pm 0,9\%$ . A remoção dos fatores antinutricionais fitatos e taninos, teor de amido e dos fatores de flatulência do feijão-comum foi mais efetiva no tratamento onde a água de maceração não absorvida era descartada (FCSAM).

**Palavras chave:** Feijão-comum, maceração, fitatos, taninos, oligossacarídeos tipo rafinose, amido, proteína, valor nutritivo

**SUMMARY.** The domestic processing of the common bean resulted in reduction in the antinutritional factors phytates and tannins, in the starch content and in the flatulence factors raffinose, stachiose and verbascose. The objective of this study was to evaluate the effect of the soaking step and the domestic processing of the common bean, on the chemical composition, the levels of phytate, tannin, starch and flatulence factors by utilizing the follows treatments: raw bean (FC), freeze-dried cooked unsoaked bean (FCSM), freeze-dried cooked bean without the non-absorbed soaking water (FCSAM), freeze-dried cooked bean with the non-absorbed soaking water (FCCAM) and the soaking water (AM). The beans were soaking for a period for 16 hours in the proportion 3:1 (water:beans) at room temperature. The effect of the phytates and tannins on the net protein efficiency ratio (NPR) and protein digestibility using male Wistar rats were studied. A decrease in the phytate content of the beans (85%) with use of soaking was observed. In the case of the tannin content, only the cooking of the beans promoted high decomposition (84%). In the (FCSAM) treatment a decrease in the raffinose (25.0%), stachiose (24.8%), verbascose (41.7%) and starch (26.8%) contents was observed. Diets containing casein (control), casein plus the soluble solids obtain from the soaking water showed no significant difference ( $p>0.05$ ) for the NPR, as well as for the different bean treatments, although these showing lower values. The treatment (FCSM) showed the higher digestibility ( $74.3\pm 5.8\%$ ) of the bean treatments, the casein diets showing  $94.6\pm 0.9\%$ . The reduction of the phytates, tannin, starch contents and flatulence factors in the common bean was most effective when the soaking water not absorbed was discarded (FCSAM).

**Keywords:** Common bean, soaking, phytates, tannins, raffinose-type oligosaccharides, starch, protein, nutritive value

### INTRODUÇÃO

As leguminosas são importantes fontes de proteínas, vitaminas, carboidratos e minerais. Contudo, a presença de fatores antinutricionais e os níveis de oligossacarídeos causadores de flatulência limitam a utilização deste alimento

(1,2). No Brasil, a produção de grãos no ano de 1995 foi de 2.946.267 toneladas (3). Os processamentos domésticos e os métodos de cocção são conhecidos por reduzirem os fatores antinutricionais melhorando o valor nutricional das leguminosas (4).

Nas sementes de leguminosas, o ácido fítico faz parte de

aproximadamente 70% do conteúdo de fosfato, sendo estruturalmente integrado com proteínas e/ou minerais na forma de complexos (5). De acordo com Torre *et al.* (6), sob condições fisiológicas, o ácido fítico é fortemente ionizado e capaz de interagir extensivamente com proteínas e íons metálicos. Muitos desses complexos são insolúveis e biologicamente indisponíveis para seres humanos em condições fisiológicas normais. Os taninos, fenóis condensados, são considerados potentes inibidores de enzimas devido a sua complexação com proteínas enzimáticas (7). A grande tendência dos taninos para formar complexos com proteínas ao invés de carboidratos e outros polímeros, pode explicar a baixa digestibilidade das proteínas das leguminosas, inibição do crescimento e aumento da excreção de nitrogênio fecal em animais (8,9).

Nas leguminosas, o amido é o principal carboidrato do ponto de vista quantitativo, e os oligossacarídeos tipo rafinose estão em pequenas mas significativas quantidades. Algumas investigações evidenciam que os oligossacarídeos tipo rafinose causam flatulência e sensação de desconforto após ingestão de feijão (10). Os efeitos da flatulência são causados pela falta de atividade da enzima  $\alpha$ -galactosidase (E.C.3.2.1.22) no trato digestivo de humanos e de animais experimentais, pois os oligossacarídeos tipo rafinose ao passarem pelo intestino grosso são anaerobicamente fermentados, produzindo gases como o  $H_2$ ,  $CO_2$  e  $CH_4$  podendo causar flatulência, diarreia e dor abdominal (11). Com relação à maceração, embora certos fatos sejam conhecidos, como a redução do tempo de cozimento do feijão com a embebição dos grãos, aspectos mais profundos, como a existência no próprio feijão da enzima alfa-galactosidase, o que levaria, pelo menos em parte, à clivagem das ligações alfa-galactosídicas dos oligossacarídeos tipo rafinose, presentes no feijão e causadores de flatulência (12), ou a atividade desta enzima devido à microflora do intestino grosso (13), faz com que os oligossacarídeos tipo rafinose presentes em leguminosas continuem objeto de estudo.

No processamento doméstico do feijão-comum (*Phaseolus vulgaris*, L.), a maceração dos grãos crus em água por 12 a 16 horas, durante a noite, é prática corrente, e apesar deste procedimento ser secular, está baseado apenas na experiência, sem caráter científico, sendo portanto empírico. Entretanto, alguns autores têm pesquisado sobre o efeito dos tratamentos caseiros de feijão, incluindo maceração prévia a cocção, no seu valor nutritivo e nos hábitos preferenciais dos consumidores (14-16). Outros estudos demonstraram que existe uma importante diminuição em oligossacarídeos tipo rafinose, amido e fatores antinutricionais em feijão cozido ou feijão macerado e cozido (17,18).

Objetivou-se através deste estudo avaliar o efeito da maceração e do processamento doméstico do feijão-comum, mais particularmente, na composição química, nos teores de

fitatos, de taninos, de amido e dos fatores de flatulência (oligossacarídeos tipo rafinose) em feijão-comum macerado e não macerado liofilizado, com e sem uso de água de maceração não absorvida, e na água de maceração.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A matéria-prima utilizada foi feijão-comum IAC-Carioca, proveniente do Instituto Agronômico, Campinas, SP, Brasil. A matéria-prima foi submetida a diferentes tratamentos; dois tratamentos de feijão (proporção feijão:água de 1:3) foram submetidos à maceração por 16 horas à temperatura ambiente, cozidos em panela de pressão doméstica por 40 minutos após saída constante de vapor pela válvula de pressão. Um destes tratamentos foi cozido com a água de maceração não absorvida pelos grãos e o outro sem a água de maceração, ao qual foi acrescentado água para o cozimento. Foi feito um terceiro tratamento onde o feijão foi cozido sem maceração, nas mesmas condições de cozimento. Os feijões cozidos foram congelados em freezer doméstico e posteriormente liofilizados (liofilizador Virtis modelo N° 10-146 MR-BA) sendo então triturados na forma de farinha com granulometria 70 mesh. Utilizou-se também caseína comercial com teor protéico 80,2%, proveniente de M. Cassab Comércio e Indústria Ltda.

### Composição centesimal

Nos feijões cru e cozido sem maceração e liofilizado foram determinadas as seguintes características composicionais: lipídeos totais (19); proteína bruta pelo método semimicro Kjeldahl (20), utilizando-se como catalizador na fase da digestão o dióxido de titânio (21), utilizando-se 5,40 como fator de conversão de nitrogênio para proteína (22); cinzas (23); umidade (24); fibra bruta segundo procedimento utilizado no Instituto de Tecnologia de Alimentos, Campinas, SP, Brasil (25) e carboidratos determinados por diferença, usando a fórmula:  $100 - (\text{proteína bruta} + \text{lipídeos totais} + \text{fibra bruta} + \text{cinzas})$ . O conteúdo de proteína bruta na caseína utilizada nas dietas experimentais foi calculado utilizando-se 6,38 como fator de conversão de nitrogênio para proteína de caseína (26). As análises foram feitas no mínimo em triplicata.

### Fitatos e taninos

As análises de fitatos e taninos foram feitas em feijão cru, feijão cozido sem maceração liofilizado, feijão cozido com maceração com e sem uso da água de maceração não absorvida pelos grãos liofilizados, e também na água de maceração. A determinação do conteúdo de fitatos seguiu metodologia proposta por Latta & Eskin (27). Os fitatos foram extraídos de 5g de farinha de feijão cru com 100ml HCl (2,4%) em agitação por 1 hora à temperatura ambiente,

seguida de centrifugação (Centrifuga Modelo RC5C, Sorvall Instruments DuPont) a 3000rpm por 10 minutos. Coletou-se 1ml do sobrenadante, em triplicata, e diluiu-se em balão volumétrico de 25ml em água destilada. Após, 10ml da amostra submetida à diluição foi eluída em coluna com resina de troca aniônica AG1-X8, inicialmente com 15ml de solução de NaCl 0,1M e por último com 15ml de solução de NaCl 0,7M para remoção de fitatos da amostra. Ato contínuo à extração, adicionou-se em tubos de ensaio 1ml da solução de Wade (0,03%  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  e 0,3% ácido sulfossilicólico em água destilada) e 3ml de extrato da solução de NaCl 0,7M. O branco da reação foi feito utilizando-se 3ml de água destilada e 1ml da solução de Wade. Posteriormente, as amostras foram deixadas em repouso por 15 minutos e então foram lidas a 500nm em espectrofotômetro Beckman, modelo DU-70. A curva padrão foi elaborada a partir de concentrações crescentes da solução de fitato de sódio (Sigma Chemical Co., St. Louis, Missouri). Todas as análises foram feitas no mínimo em triplicata. Para determinação de taninos, seguiu-se a metodologia proposta por Deshpande *et al.* (28). A extração deu-se a partir de 0,5g de farinha de feijão cru, com adição de 20ml de metanol em constante agitação por 20 minutos. Após, a amostra foi filtrada e recolhidos 2ml do sobrenadante; a este acrescentou-se 2,5ml de HCl em metanol a 8%, em triplicata; a seguir, adicionou-se 2,5ml de vanilina 1% em metanol; ao branco adicionou-se 2,5ml de metanol e 2,5ml de vanilina. Após 20 minutos a 30°C, foi lida a absorbância a 500nm em espectrofotômetro Beckman, modelo DU-70. A curva padrão foi elaborada com catequina (Sigma Chemical Co., St. Louis, Missouri), 1mg/ml em metanol. Usou-se diluições 0, 1, 2, 5 e 10mg/ml em solução de metanol para obter-se a curva padrão, sendo que a porcentagem de taninos foi calculada como sendo aproximadamente 42% do equivalente de catequina, baseando-se na curva padrão. As análises foram feitas no mínimo em triplicata, com 5 repetições de cada.

### Amido

A determinação de amido, em termos de substâncias sacarificáveis totais, seguiu o método clássico de Bergeret (29), com modificações para as condições de trabalho. Utilizou-se como amostra, 10g de farinha de feijão cru, feijão cozido com água de maceração não absorvida liofilizado, feijão cozido sem água de maceração liofilizado, feijão cozido sem maceração liofilizado, e 10ml de água de maceração. As amostras foram transferidas para balão volumétrico de fundo chato de 250ml. Adicionou-se 75ml de água destilada e 15ml de ácido clorídrico concentrado. Procedeu-se a destilação ao refluxo por 2 horas. Após resfriar o balão, filtrou-se com lã de vidro e neutralizou-se com solução de hidróxido de sódio 2N, utilizando-se papel indicador. As amostras foram levadas a volume com água destilada para se

obter 200ml de solução. Determinou-se as substâncias sacarificáveis totais por titulação segundo o método de Eynon e Lane (30), com modificações para as condições de trabalho, utilizando-se Aparelho de Oxirredutimetria por Titulação, modelo TE da Tecnal. Determinou-se os teores de amido multiplicando-se o resultado encontrado pelo fator 0,90. As análises foram feitas no mínimo em triplicata.

### Oligossacarídeos tipo rafinose

Os oligossacarídeos foram extraídos de 10g de farinha de feijão cru, feijão cozido com água de maceração liofilizado, feijão cozido sem água de maceração liofilizado, feijão cozido sem maceração liofilizado, e 10ml de água de maceração com 100ml de etanol a 80%, utilizando-se destilação ao refluxo por 15 minutos, seguido de filtração em funil de vidro Hermex com placa porosa nº1 (31). O resíduo foi reextraído duas vezes e lavado com água destilada até que o Teste da Reação de Molisch (32) desse negativo. Completou-se o volume a 100ml e usou-se alíquotas deste extrato, filtrado em membrana Milipore (ME 0,45 $\mu\text{m}$ ×47mm), para a análise cromatográfica. As determinações foram realizadas em equipamento de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC), provido de bomba (Varian 9012), utilizando o programa de bomba Star Chromatography Workstation e detector de índice de refração (Varian Star 9040 IR). Utilizou-se as seguintes condições cromatográficas: coluna revestida com grupos  $\text{NH}_2$ ; acetonitrila-água ultra pura (75:25) como fase móvel, velocidade de fluxo de 1ml/min, volume de injeção de 20 $\mu\text{l}$  e detector de índice de refração (33). Padrões de rafinose e estaquiose (Sigma Chemical Co., St. Louis, Missouri) diluídos em água ultra pura foram utilizados para estudar a linearidade da concentração dos oligossacarídeos rafinose e estaquiose em relação às áreas dos picos e construção da curva de calibração, através de injeções de soluções com concentrações de 0,25, 0,50 e 1,00mg/ml. A quantificação de cada oligossacarídeo foi feita por comparação da altura dos picos com os correspondentes padrões, no mínimo em triplicata. À exceção do oligossacarídeo verbascose, para o qual a quantificação seguiu-se por comparação da área dos picos e do tempo de retenção em relação aos oligossacarídeos rafinose e estaquiose, conforme relatos na literatura (34-37), que quantificaram o oligossacarídeo verbascose em leguminosas por métodos cromatográficos, verificando que este oligossacarídeo apresenta um tempo de retenção aproximado entre 20-25 minutos após o início da corrida cromatográfica.

### Ensaio biológico

Para o ensaio biológico foram elaboradas 6 dietas (tratamentos), sendo que dois tratamentos tiveram como fonte protéica a caseína e a um deles adicionou-se os sólidos

solúveis encontrados na água de maceração descartada na cocção, para fins comparativos; os outros três tratamentos tiveram como fonte protéica feijão-comum cozido liofilizado. Dois tratamentos de feijão (proporção feijão:água 1:3) foram submetidos a maceração por 16 horas à temperatura ambiente (aproximadamente 25°C), cozidos em panela de pressão doméstica por 40 minutos após saída constante de vapor pela válvula de pressão. Um destes tratamentos foi cozido com a água de maceração não absorvida e o outro sem a água de maceração ao qual foi acrescentado água para o cozimento. Foi feito um terceiro tratamento onde o feijão foi cozido sem maceração sob as mesmas condições de cozimento. Os feijões cozidos foram congelados em freezer doméstico e depois liofilizados, sendo então moídos em forma de farinha. Também foi elaborada dieta aprotéica. As dietas purificadas eram formuladas segundo o "American Institute of Nutrition" (38), dieta AIN 93-G, para ratos em crescimento, à exceção do teor protéico, para determinação dos índices de qualidade protéica (39). Foram liofilizados 3,6 litros de água de maceração (1,2kg de feijão), que originaram 8,35g de sólidos solúveis (contendo 1,37g de fitatos e 0,61g de taninos) que foram adicionados a uma das dietas de caseína. Foram utilizados oito ratos Wistar recém-desmamados (48,4±6,4g) por tratamento, em gaiolas individuais, com alimentação e água *ad libitum*, sendo o Laboratório de Ensaios Biológicos mantido com temperatura e umidade relativa de 23±1°C e 50-60%, respectivamente, com ciclo claro/escuro de 12 horas.

TABELA 1

Composição das dietas experimentais utilizadas no ensaio biológico

Ingredientes	Dieta <sup>1</sup>		
	Caseína*	Feijão**	Aprotéica
Feijão	—	617	—
Amido de milho	453	—	603
Caseína	150	—	—
Amido dextrinizado	132	167	132
Sacarose	100	86	100
Óleo de soja	70	70	70
Fibra (celulose)	50	15	50
Mistura vitamínica <sup>2</sup>	10	10	10
Mistura mineral <sup>3</sup>	35	35	35

<sup>1</sup> Valores em g/kg de dieta (AIN 93-G).

<sup>2,3</sup> Segundo formulação da AIN 93-G.

\*Dieta controle (caseína) e dieta de caseína mais sólidos solúveis encontrados na água de maceração.

\*\* Dieta de feijão cozido sem maceração, feijão cozido sem água de maceração e feijão cozido com água de maceração liofilizados.

### Tratamento estatístico

Os resultados foram submetidos à análise de variância ANOVA e testes de confronto de médias, de Duncan e Tukey, usando o programa Statistica, considerando  $p < 0,05$  como probabilidade mínima aceitável para diferença entre médias.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição centesimal do feijão-comum utilizado encontra-se na Tabela 2. Os resultados dessa análise serviram de base para o cálculo das dietas experimentais usadas no ensaio biológico.

Na Tabela 3 estão apresentados os valores de fitatos e taninos.

TABELA 2

Composição centesimal do feijão-comum (*Phaseolus vulgaris*, L.), cultivar IAC-Carioca, cru (FC) e cozido liofilizado sem maceração (FCSM)

Componentes	*FC	*FCSM
Proteínas	18,4±0,1	19,8±0,1
Lipídeos	2,3±0,0	2,5±0,1
Cinzas	0,6±0,0	0,7±0,0
Fibras	4,6±0,1	5,7±0,2
Umidade	9,4±0,0	1,5±0,1
Carboidratos**	64,7	69,2

\*Dados apresentados em base seca (média±desvio-padrão, no mínimo n=3)

\*\*Determinados por diferença

TABELA 3

Quantificação de fitatos e taninos nos diferentes tratamentos de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris*, L.), cultivar IAC-Carioca, em base seca, e na água de maceração

Tratamento	mg fitatos/g feijão	mg taninos/g feijão
Feijão Cru	13,82±0,57 <sup>a</sup>	13,78±0,57 <sup>a</sup>
FCSM*	11,20±0,67 <sup>b</sup>	2,24±0,25 <sup>b</sup>
FCSAM**	2,04±0,05 <sup>c</sup>	1,63±0,31 <sup>b</sup>
FCCAM***	2,29±0,64 <sup>c</sup>	1,73±0,29 <sup>b</sup>
Água de Maceração****	0,51±0,01	0,12±0,01

<sup>a, b, c</sup> Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística ( $p < 0,05$ ) (média±desvio-padrão, no mínimo n=3).

\*Feijão cozido sem maceração.

\*\*Feijão cozido sem água de maceração.

\*\*\*Feijão cozido com água de maceração.

\*\*\*\*valores expressos em mg/ml.

Observando-se os teores de fitatos demonstrados na Tabela 3, verificou-se que nos tratamentos submetidos à maceração ocorreu notável redução desses componentes, o que foi também constatado em estudo realizado por Barampama & Simard (18). Pôde-se observar redução no teor de fitatos de 19%, 85% e 84% nos tratamentos FCSM, FCSAM e FCCAM respectivamente, em relação ao feijão cru. A redução deste fator antinutricional é de grande importância, uma vez que altos níveis de ingestão de fitatos podem estar associados com efeitos nutricionais adversos ao homem (40); em condições fisiológicas normais, o ácido fítico é fortemente ionizado e capaz de interagir com proteínas e íons metálicos (41), tornando estes complexos insolúveis e biologicamente indisponíveis aos seres humanos.

Com relação ao conteúdo de taninos, verificou-se que somente o processo de cozimento do feijão, promoveu acentuada redução dos mesmos; tal fato foi confirmado por outros autores (18,40,41,42). A redução do teor de taninos foi de 84% para FCSM, 88% para FCSAM e 87% para FCCAM comparando-se ao FC, o que conferiu ao processo e ao método eficácia na redução deste componente capaz de interferir no valor nutritivo desta leguminosa; os taninos formam complexos com proteínas diminuindo a digestibilidade, inibindo o crescimento e aumentando a excreção de nitrogênio fecal em animais (8).

Na Tabela 4 estão demonstrados os valores de oligossacarídeos rafinose, estaquiase e verbascose quantificados por HPLC nos diferentes tratamentos de feijão.

TABELA 4  
Quantificação de oligossacarídeos rafinose, estaquiase e verbascose por HPLC, nos diferentes tratamentos de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris*, L.), cultivar IAC-Carioca, em base seca, e na água de maceração

Tratamento	Rafinose (g/100g)	Estaquiase (g/100g)	Verbascose (g/100g)
Feijão cru	0,40±0,03 <sup>a</sup>	3,23±0,18 <sup>a</sup>	0,12±0,01 <sup>a</sup>
FCSM*	0,32±0,04 <sup>b</sup>	2,95±0,15 <sup>bd</sup>	0,08±0,00 <sup>b</sup>
FCSAM**	0,30±0,02 <sup>b</sup>	2,43±0,04 <sup>c</sup>	0,07±0,00 <sup>b</sup>
FCCAM***	0,48±0,02 <sup>c</sup>	2,85±0,07 <sup>d</sup>	0,10±0,01 <sup>ab</sup>
AM****	0,11±0,03	0,24±0,02	0,04±0,01

<sup>a,b,c,d</sup> Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística ( $p < 0,05$ ) (média±desvio-padrão, no mínimo n=3).

FCSM\* Feijão cozido sem maceração e liofilizado.

FCSAM\*\* Feijão cozido com água de maceração e liofilizado.

FCCAM\*\*\* Feijão cozido com água de maceração e liofilizado.

AM\*\*\*\* Água de maceração (valores expressos em g/100ml de água de maceração).

Na Tabela 4, comparou-se os teores de oligossacarídeos rafinose, estaquiase e verbascose dos diferentes tratamentos. Observou-se redução nos teores dos oligossacarídeos rafinose (20,0% e 25,0%), estaquiase (8,7% e 24,5%) e verbascose (33,3% e 41,7%) para os tratamentos FCSM e FCSAM, respectivamente, em relação ao feijão cru. Observou-se também que o oligossacarídeo verbascose foi o oligossacarídeo encontrado em menor quantidade. A redução dos oligossacarídeos tipo rafinose após o processamento doméstico de cocção seguida de maceração onde a água de maceração não absorvida pelos grãos era descartada (FCSAM), demonstra a hidrossolubilidade destes oligossacarídeos. As mudanças que ocorrem nos teores de açúcares, especificamente nos teores de oligossacarídeos rafinose, estaquiase e verbascose, nos processos de maceração e de cocção, associados ou não, podem ser atribuídas ao metabolismo nos grãos, à difusão de componentes para a água de maceração e à influência do crescimento de microrganismos na água de maceração (43). Os teores dos oligossacarídeos rafinose, estaquiase e verbascose encontrados estão em concordância com outros autores (43-48).

O teor do amido (substâncias sacarificáveis totais) encontrado para os tratamentos feijão cru, feijão cozido sem maceração liofilizado, feijão cozido com água de maceração liofilizado, valores expressos em g/100g em base seca, e água de maceração, valores expressos em g/100ml de água de maceração, foram respectivamente: 46,76±0,05, 40,19±0,00, 34,21±0,06, 36,91±0,07 e 0,27±0,00. Verificou-se que o teor de amido diferiu ( $p < 0,05$ ) entre o tratamento feijão cru e os demais tratamentos de feijão, que apresentaram uma redução no teor; portanto, o processamento doméstico de maceração associado ou não à cocção, contribuiu para uma sensível redução nos teores de substâncias sacarificáveis totais (49,50). As mudanças físico-químicas que ocorreram nos grãos e na água durante a maceração e na cocção, ou seja, as mudanças na estrutura resultante do grão, poderiam facilitar a extração de componentes hidrossolúveis, bem como ativar enzimas endógenas do grão causando degradação e liberação de constituintes.

Nas Tabelas 5 e 6, estão dispostos os resultados encontrados para NPR e digestibilidade.

Na Tabela 5 são apresentados os resultados referentes a ganho de peso, consumo de dieta e NPR encontrados no ensaio biológico. Para o tratamento aprotéico obteve-se -4,7g±1,2g, como perda de peso média e consumo de dieta médio de 40,0g±4,7g. Observou-se ainda que, nas dietas cuja fonte protéica era caseína, nenhum dos índices apresentaram diferenças significativas, indicando que tanto os fitatos quanto os taninos contidos no feijão não afetaram diretamente a utilização líquida da proteína. Com relação aos tratamentos

com feijão, verificou-se que os mesmos não diferiram entre si quanto ao ganho de peso e NPR, diferindo somente o feijão cozido sem maceração dos demais, quanto ao consumo de dieta, que apresentou valor maior.

TABELA 5  
Ganho de peso, consumo de dieta e NPR das fontes proteicas experimentais do ensaio biológico com ratos Wistar machos recém-desmamados

Tratamentos	Ganho Peso	Consumo de Dieta	NPR
Caseína Controle	52,2±6,2 <sup>a</sup>	119,6±10,5 <sup>a</sup>	4,1±0,4 <sup>a</sup>
CSS*	48,5±5,6 <sup>a</sup>	117,0±5,4 <sup>a</sup>	3,9±0,5 <sup>a</sup>
FCSM**	21,8±4,0 <sup>b</sup>	72,8±10,0 <sup>b</sup>	2,9±0,4 <sup>b</sup>
FCSAM***	18,8±3,9 <sup>b</sup>	60,4±7,1 <sup>c</sup>	2,9±0,6 <sup>b</sup>
FCCAM****	18,2±4,9 <sup>b</sup>	68,2±6,6 <sup>b,c</sup>	2,8±0,2 <sup>b</sup>

a,b,c Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ( $p < 0,05$ ).

\*Caseína + sólidos solúveis.

\*\*Feijão cozido sem maceração.

\*\*\*Feijão cozido sem água de maceração.

\*\*\*\*Feijão cozido com água de maceração.

TABELA 6  
Digestibilidade aparente e verdadeira (%) *in vivo*, de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris*, L.), cultivar IAC-Carioca

Tratamento	Digestibilidade Aparente	Digestibilidade Verdadeira
Caseína Controle	93,1±0,7 <sup>a</sup>	94,5±0,8 <sup>a</sup>
CSS*	93,2±0,9 <sup>a</sup>	94,6±0,9 <sup>a</sup>
FCSM**	72,1±5,7 <sup>b</sup>	74,3±5,8 <sup>b</sup>
FCSAM***	65,3±2,8 <sup>c</sup>	67,4±2,6 <sup>c</sup>
FCCAM****	65,0±3,6 <sup>c</sup>	67,2±3,8 <sup>c</sup>

a,b,c,d Letras diferentes na mesma coluna indica diferença estatística ( $p < 0,05$ ).

\*Caseína + sólidos solúveis.

\*\*Feijão cozido sem maceração.

\*\*\*Feijão cozido sem água de maceração.

\*\*\*\*Feijão cozido com água de maceração.

Feijões crus da espécie *Phaseolus vulgaris* são tóxicos e somente podem ser consumidos quando apropriadamente cozidos; a proteína de feijão apresenta baixa digestibilidade se comparada à boa qualidade das proteínas de origem animal. De acordo com vários pesquisadores, a baixa digestibilidade de proteínas de feijão é uma das muitas causas de seu menor valor nutritivo. Estudos *in vitro* demonstraram que a

digestibilidade de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris*) situou-se entre 76,8 e 84,1%, apresentando-se diminuída quando a pigmentação do grão aumenta. Os pigmentos são, em geral, compostos fenólicos que podem interagir com proteínas do feijão, diminuindo sua digestibilidade e utilização (51). Os dados referentes à digestibilidade do feijão estão demonstrados na Tabela 5, onde observou-se que esta proteína apresenta menor digestibilidade, conforme literatura acima descrita. No entanto, verificou-se que os tratamentos diferiram entre si, conferindo maior digestibilidade ao feijão-comum cozido não macerado. Contudo, para este fato não se dispõe de explicação até o momento. A menor digestibilidade observada em dietas contendo feijão-comum, não pode ser explicada somente pela presença de fatores antinutricionais; os mecanismos ainda não são claros, mas interações proteína-taninos (52,53) aparentemente afetam a digestibilidade e disponibilidade de aminoácidos. Outros fatores, tais como as fibras que causam aumento na excreção de nitrogênio endógeno, devem ser também considerados.

Diante disso, salienta-se a necessidade de maiores informações do efeito destes fatores antinutricionais em diferentes fontes proteicas e contendo diferentes concentrações dos mesmos, visando traçar-se um perfil comprometedor para o aproveitamento de nutrientes dietéticos. A questão sobre os riscos à saúde provocados por fatores antinutricionais, o desconhecimento dos níveis de tolerância, o grau de variação do risco individual e a influência de fatores ambientais sobre a habilidade de destoxificação do organismo, bem como os danos devidos à prolongada ingestão de fatores antinutricionais são muito difíceis de serem avaliados, porquanto existem controvérsias com relação à extrapolação dos resultados de sistemas experimentais para seres humanos que se alimentam com dietas complexas.

## CONCLUSÃO

O processamento doméstico do feijão-comum incluindo maceração prévia à cocção com descarte da água de maceração não absorvida pelos grãos, ocasionou redução nos fatores antinutricionais fitatos (85%), taninos (88%), no teor de amido (26,8%) e nos fatores de flatulência rafinose (25%), estaquiose (24,5%) e verbascose (41,7%).

A adição dos sólidos solúveis encontrados na água de maceração à dieta de caseína não afetou o seu valor nutritivo (NPR e digestibilidade).

O tratamento FCSAM foi o mais efetivo na remoção dos fatores antinutricionais fitatos e taninos e nos fatores de flatulência rafinose, estaquiose e verbascose, embora a maceração prévia à cocção do feijão-comum não interferiu no seu valor nutritivo.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as bolsas de Mestrado de QUEIROZ, K.S. (Processo N° 98/04323-7) e de HELBIG, E. (Processo N° 98/04324-7), bem como ao apoio financeiro concedidos ao Projeto (Processo N° 1998/4325-0) pela Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de São Paulo (FAPESP).

À Dra. Priscila Fratin Medina, do Instituto Agrônômico de Campinas pelo fornecimento do cultivar puro de feijão-comum. Ao Dr. Olavo Rusig, de M. Cassab Comércio e Indústria Ltda. pelo fornecimento da mistura vitamínica.

### REFERÊNCIAS

- Knudsen IM. High-performance liquid determination of oligosaccharides in leguminous seeds. *J Sci Food Agric* 1986;37(6):560-6.
- Valenzuela MRC, Sgarbieri VC. Influence of various dry bean fractions, cv. Carioca 80, on diet efficiency and dietary protein utilization. *J Nutr Sci Vitaminol* 1990;36(2):141-51.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Anuário estatístico do Brasil. Rio de Janeiro, 1996. v.56, p.3-53: produção vegetal.
- Khokhar S, Chauhan BM. Antinutritional factors in moth bean (*Vigna aconitifolia*): varietal differences and effects of methods of domestic processing and cooking. *J Food Sci* 1986; 51(3):591-4.
- Zhou JR, Erdman JW. Breadmaking properties of composite flours of wheat and faba bean protein preparations. *Crit Rev Food Sci Nutr* 1995;35(6):495-508.
- Torre M, Rodríguez AR, Saura-Calixto F. Effects of dietary fiber and phytic acid on mineral availability. *Crit Rev Food Sci Nutr* 1991;1(1):1-22.
- Naczek M, Nichols T, Pink D, Sosulski F. Condensed tannins in canola hulls. *J Agric Food Chem* 1994;42(10):2196-2200.
- Kaur D, Kapoor AC. Nutrient composition and antinutritional factors of rice bean (*Vigna umbellata*). *Food Chem* 1992;43(22):119-24.
- Deshpande SS, Damodaran S. Food legumes: chemistry and technology. *Adv Cereal Sci Technol* 1990;10:147-241.
- Ida EI, Silva RSF, Rao CS. Oligosaccharides of soybeans: problems and solutions. *Arq Biol Technol* 1981;24(4):25-30.
- Sánchez-Mata M, Teruel-Peñuela M, Cámara-Hurtado M, Díez-Marqués C, Torija-Isasa ME. Determination of mono-, di-, and oligosaccharides in legumes by high-performance liquid chromatography using an amino-bonded silica column. *J Agric Food Chem* 1998;46(9):3648-52.
- Baldini VLS, Draetta IS, Yong KP. Purification and characterization of  $\alpha$ -galactosidase from bean *Phaseolus vulgaris*. *J Food Sci* 1985; 50 (6):1766-7.
- Jacorzinski B. Der einfluss einer raffinose – diet und gekochter leguminosensamen auf einig prozesse im dickdarm der ratte. *Nahrung* 1987;31(10):971-80.
- Goycoolea F, Gonzalez de Mejia E, Barron JM, Valencia ME. Efecto de los tratamientos caseros en la preparacion de frijol pinto (*Phaseolus vulgaris*, L) sobre o contenido de taninos y valor nutritivo de las proteinas. *Arch Latinoamer Nutr* 1990;40(2):263-74.
- Bressani R, Navarrete DA, Garcia Soto A, Elias LG. Culinary practices and consumption characteristics of common beans at the rural home level. *Arch Latinoamer Nutr* 1988;38(4):925-34.
- Castellanos JZ, Maldonado HG, Jimenez A, Mejía C, Ramos JJM, Gallegos JAA, Hoyos G, Salinas EL, Eguiarte DG, Pérez RS, Acuña JG, Villalobos JAM, Hernández PF, Cáceres B. Hábitos preferenciales de los consumidores de frijol común (*Phaseolus vulgaris*, L.) en México. *Arch Latinoamer Nutr* 1997;47(2):163-7.
- Barampama Z, Simard RE. Oligosaccharides, antinutritional factors and protein digestibility of dry beans as affected by processing. *J Food Sci* 1994;59(4):833-8.
- Barampama Z, Simard RE. Effects of soaking, cooking and fermentation on composition, in-vitro starch digestibility and nutritive value of common beans. *Plant Foods Hum Nutr* 1995; 48(4):349-65.
- Bligh EG, Dyer WJ. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can J Biochem Physiol* 1959;37(8):911-7.
- Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis. 12. ed., HORWITZ, W., ed., Washington D.C.: AOAC, 1975. p.927-8.
- Williams PC. The use of titanium dioxide as a catalyst from large scale Kjeldahl determination of the total nitrogen content of cereal grains. *J Sci Food Agric* 1973;24(6):343-8.
- Mossé J. Nitrogen to protein conversion factor for ten cereals and six legumes or oilseeds; a reappraisal of its definition and determination. Variation according to species and to seeds protein content. *J Agric Food Chem* 1990;38(1):18-24.
- Pearson D. Técnicas de laboratorio para el análisis de alimentos [laboratory techniques in food analysis]. Zaragoza: Acribia, 1976.
- Lees R. Manual de análisis de alimentos. Zaragoza: Acribia, 1979.
- Instituto de Tecnologia de Alimentos. Manual técnico de análises. Campinas: ITAL, 1987.
- Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis. 16. ed., CUNNIF, P., ed., Washington D.C.: AOAC, 1995.
- Latta M, Eskin M. A simple and rapid colorimetric method for phytate determination. *J Agric Food Chem*. 1980;28(6):1313-15.
- Deshpande SS, Cheryan M, Salunke DK. Tannin analysis of food products. *Crit Rev Food Sci Nutr* 1986;24(4):401-49.
- Bergeret G. Curso de industrias agrícolas: técnica analítica. Revista AGROS, 1937; 7(129):99.
- Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis. 11. ed., HORWITZ, W., ed., Washington D.C.: AOAC, 1970.
- Vidal-Valverde C, Frias J, Valverde S. Changes in the carbohydrate composition of legumes after soaking and cooking. *J Am Diet Assoc* 1993;93(5):547-50.

32. Assumpção RMV, Morita T. Manual de soluções, reagentes e solventes: padronização, preparação e purificação. São Paulo: Edgard Blucher, 1968.
33. Carvalho PRN. *Cromatografia líquida de alta eficiência aplicada à análise de alimentos: manual técnico*. Campinas: ITAL, 1993.
34. Frias J, Hedley CL, Price KR, Fenwick GR, Vidal-valverde C. Improved methods of oligosacchride analysis for genetic studies of legume seeds. *J Liquid Chromat* 1994; 17(11):2469-83.
35. Revilleza MJR, Mendonza EMT, Raymundo LC. Oligosaccharides in several philippine indigenous food legumes: determination, localization and removal. *Plant Foods Hum Nutr* 1990; 40(1):83-93.
36. Sosulki FW, Elkowicz L, Reichert RD. Oligosaccharides in eleven legumes and their air-classified protein and starch fractions. *J Food Sci* 1982; 47(2):498-502.
37. Macrae R, Zand-Moghaddam A. The determination of the component oligosaccharides of lupinseeds by high pressure liquid chromatography. *J Sci Food Agric* 1978; 29(12):1083-6.
38. Reeves PG, Nielsen FH, Fahey JR. GC. AIN-93 purified diets for laboratory rodents; final report of the American Institute of Nutrition ad hoc writing committee on the reformulation of the AIN-76A rodent diet. *J Nutr* 1993;123(11):1939-51.
39. Pellet PL, Young VR. Nutritional evaluation of protein foods. Tokyo: The United Nations University, 1980, 154p.
40. Guzmán-Maldonado H, Castellanos J, González de Mejía E. Relationship between theoretical and experimentally detected tannin content of common beans (*Phaseolus vulgaris*, L.). *Food Chem* 1996;55(4):333-5.
41. Chitra VU. Variability in phytic acid content and protein digestibility of grain legumes. *Plant Foods Hum Nutr* 1995;47(2):163-72.
42. Sharma A, Shegal S. Effect of domesting processing, and germination on the trypsin inhibitor activity and tannin content of faba bean (*Vicia faba*). *Plant Foods Hum Nutr* 1992;42(2):127-33.
43. Mulyowidarso RK, Fleet GH, Buckle KA. Changes in the concentration of carbohydrates during the soaking of soybeans for tempe production. *Intern. J Food Sci Technol* 1991; 26(6):595-606.
44. Vidal-Valverde C, Frias J, Sotomayor C, Diaz-Pollan C, Fernandez M, Urbano G. Nutrients and antinutritional factors in faba beans as affected by processing. *Zeitung Lebensm Unters Forsch* 1998; 207(2):140-5.
45. Nwinuka NM, Abbey BW, Ayalogu EO. Effect of processing on flatus producing oligosaccharides in cowpea (*Vigna unguiculata*) and the tropical african yam bean (*Sphenostylis sternocarpa*). *Plant Foods Hum Nutr* 1997;51(3):209-18.
46. Khalil AH, Mansour EH. The effect of cooking autoclaving and germination on the nutritional quality of faba beans. *Food Chem* 1995;54(2):177-82.
47. Abdel-Gawad AS. Effect of domestic processing on oligosaccharide content of some dry legume seeds. *Food Chem* 1993;46(1):25-31.
48. Sgarbieri VC. Composition and nutritive value of beans (*Phaseolus vulgaris*, L). *World Rev Nutr Diet* 1989;60(46):132-98.
49. Kataria A, Chauhan BM, Punia D. Effect of domestic processing and cooking methods on the contents of carbohydrates of amphidiploids (black gram × mung bean). *Food Chem* 1990; 36(1):63-72.
50. Jood S, Mehta U, Singh R. Effect of processing on available carbohydrates in legumes. *J Agric Food Chem* 1986;34(3):417-20.
51. Aw TL, Swanson BG. Influence of tannin on *Phaseolus vulgaris* protein digestibility and quality. *J Food Sci* 1985;50(1):67-71.
52. Khokhar S, Fenwick GR. Phytate content of indian foods and intakes by vegetarian indians of Hisar region, Haryana state. *J Agric Food Chem* 1994;42(11):2440-4.
53. Reddy NR, Sathe SK, Salunkhe DK. Phytates in legumes and cereals. *Adv Food Res* 1982; 28: 1-91.

Recibido: 14-09-2000

Acegado: 04-04-2001