

LINHAGENS DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.): COMPOSIÇÃO QUÍMICA E DIGESTIBILIDADE PROTÉICA

Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) lines: chemical composition and protein digestibility

Fabício Rivelli Mesquita¹, Angelita Duarte Corrêa², Celeste Maria Patto de Abreu²,
Rafaela Araújo Zambaldi Lima³, Angela de Fátima Barbosa Abreu⁴

RESUMO

O feijão representa a principal fonte de proteínas para as populações de baixa renda, todavia a digestibilidade dessas proteínas é relativamente baixa. Por isto, os programas de melhoramento genético vêm trabalhando em busca de novas linhagens com níveis protéicos mais elevados. Assim, com a finalidade de fornecer informações aos melhoristas, neste trabalho foram analisadas 21 linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), quanto à composição centesimal e mineral, digestibilidade protéica, compostos fenólicos e inibidor de tripsina. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com 21 tratamentos (linhagens) e três repetições. O teor de proteína bruta variou de 22,34 a 36,28 g/100 g de matéria seca (MS); o de fibra detergente neutro de 7,56 a 20,91 g/100 g MS; o de extrato etéreo de 0,53 a 2,55 g/100 g MS e o de cinzas de 2,97 a 4,87 g/100 g MS. Os teores, em g/100 g MS, de P, K, Ca, Mg e S variaram de 0,45 a 0,72; 1,51 a 2,48; 0,03 a 0,28; 0,18 a 0,34 e 0,28 a 0,45, respectivamente. Já os teores de Cu, Mn, Zn e Fe, em mg/kg MS, variaram de 11,37 a 17,73; 14,93 a 28,90; 36,67 a 69,90 e 71,37 a 126,90, respectivamente. A digestibilidade protéica *in vitro* variou de 18,03% a 48,32%. Os teores de compostos fenólicos variaram de 0,28 a 1,08 mg de ácido tânico/100 g MS e os de inibidor de tripsina de 59,93 a 151,07 UI/mg MS. Entre as linhagens com maiores teores protéicos a “ESAL 569” (bege com rajadas marrons) apresentou a maior digestibilidade protéica e também níveis consideráveis de minerais. A “P-180” (bege com rajadas marrons) ficou entre as linhagens com teores mais elevados de proteína bruta e entre as de maiores digestibilidades, além de ter apresentado teores elevados para a maioria dos minerais. Não foi observada nenhuma relação entre a digestibilidade da proteína e os teores de compostos fenólicos e inibidor de tripsina.

Termos para indexação: Feijão, *Phaseolus vulgaris* L., nutrientes, antinutrientes, digestibilidade protéica.

ABSTRACT

Bean represents the main source of proteins for the low income populations, though the digestibility of those proteins is relatively low. Consequently, the programs of plant genetic breeding have been working on the search for new lines with higher protein levels. Thus, with the purpose of supplying information to the researchers, in this work 21 bean (*Phaseolus vulgaris* L.) lines were analyzed for the centesimal and mineral composition, protein digestibility, phenolic compounds and trypsin inhibitor. The entirely randomized experimental design was used with 21 treatments (lines) and three repetitions. All values were within the following ranges: 22.34 to 36.28 g of crude protein/100g of dry matter (DM); 7.56 to 20.91 g of neutral detergent fiber/100g DM; 0.53 to 2.55 g of fat/100g DM and 2.97 to 4.87 g of ashes/100g DM. The levels, in g/100g DM, of P, K, Ca, Mg and S varied from 0.45 to 0.72; 1.51 to 2.48; 0.03 to 0.28; 0.18 to 0.34 and 0.28 to 0.45, respectively. Regarding Cu, Mn, Zn and Fe, the levels in mg/kg DM, varied from 11.37 to 17.73; 14.93 to 28.90; 36.67 to 69.90 and 71.37 to 126.90, respectively. The *in vitro* protein digestibility varied from 18.03% to 48.32%. The levels of phenolic compounds varied from 0.28 to 1.08 mg of acid tannic/100g DM and the one of trypsin inhibitor from 59.93 to 151.07 TIU/mg DM. Among the lines with higher protein contents, “ESAL 569” (beige with brown stripe) presented the largest protein digestibility and also considerable levels of minerals. “P-180” (beige with brown stripe) was one of the lines with higher crude protein contents and digestibilities, and also presented high levels for most of the minerals. No relationship between protein digestibility and the contents of phenolic compounds and trypsin inhibitor was observed.

Index terms: Bean, *Phaseolus vulgaris* L., nutrients, antinutrients, protein digestibility.

(Recebido em 20 de outubro de 2005 e aprovado em 16 de maio de 2006)

INTRODUÇÃO

O feijão é um excelente alimento, fornecendo nutrientes essenciais ao ser humano, como proteínas, ferro, cálcio, magnésio, zinco, vitaminas (principalmente do complexo B), carboidratos e fibras. Representa a principal fonte de proteínas das populações de baixa renda e constitui

um produto de destacada importância nutricional, econômica e social. Além de ser um dos alimentos mais tradicionais na dieta alimentar do brasileiro. Portanto, a sua contribuição como fonte de proteína e caloria é bastante significativa. Quanto ao aporte de calorias, o feijão ocupa o terceiro lugar entre os alimentos consumidos, totalizando 11,2% das calorias ingeridas por dia (SOARES, 1996).

¹Mestre em Ciência dos Alimentos pela Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG.

²Professora do Departamento de Química/DQI – Universidade Federal de Lavras/ UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – angelita@ufla.br; celeste@ufla.br

³Aluna de Iniciação Científica – CNPq – Rua Comandante Vilas Boas, 35 – Jardim Floresta – 37.200-000 – Lavras, MG – rafazambaldi@hotmail.com

⁴Pesquisadora da EMBRAPA Arroz e Feijão – Departamento de Biologia – Universidade Federal de Lavras/UFLA – afbabreu@ufla.br

O consumo diário de feijão está entre 50 a 100 g por dia/pessoa, contribuindo com 28% de proteínas e 12% de calorias ingeridas (SGARBIERI, 1980). Portanto, como alimento básico e sob o ponto de vista quantitativo, o feijão é considerado um alimento protéico, embora, seu conteúdo calórico, mineral e vitamínico não possa ser desprezado.

O valor nutritivo da proteína do feijão é baixo quando utilizado como única fonte protéica, entretanto, quando combinado com arroz, por exemplo, forma uma mistura de proteínas mais nutritiva. Isto porque, o feijão é pobre em aminoácidos sulfurados, e rico em lisina; e o arroz é pobre em lisina e relativamente rico em aminoácidos sulfurados.

Na alimentação dos brasileiros, o feijão é a principal fonte de proteína, seguido, em importância pela carne bovina e pelo arroz. Apenas esses três alimentos básicos contribuem com 70% da ingestão protéica, além de ser uma cultura de grande expressão sócio-econômica no Brasil (LAJOLO et al., 1996). Essa importância alimentar deve-se, especialmente, ao menor custo de sua proteína em relação aos produtos de origem animal. Por isso, apesar de já existirem inúmeros trabalhos com o feijão, ele continua sendo prioridade nas pesquisas.

Um dos estudos relevantes é a digestibilidade protéica, parâmetro nutricional que avalia o aproveitamento de uma fonte protéica, podendo ser influenciada por vários fatores, como, por exemplo, compostos fenólicos, inibidores de proteína e tratamento térmico. A baixa digestibilidade no feijão cru é atribuída à atividade dos inibidores de proteases, que diminuem a atividade das enzimas digestivas. O tratamento térmico do feijão, no processo de cozimento, inativa os inibidores de proteases, promovendo um efeito benéfico na digestibilidade (ANTUNES et al., 1995).

Os compostos fenólicos possuem a propriedade de formar complexos coloridos com sais de ferro, compostos insolúveis com sais de chumbo e de sofrer substituição eletrofílica aromática de acoplamento com sais de diazônio e aldeídos (HASLAM, 1979), bem como formação de complexos com proteínas, tornando-as indisponíveis, e inibição de enzimas digestivas (STANLEY & AGUILLERA, 1985). Em feijões é observada a presença de compostos fenólicos, que se localizam principalmente no tegumento do grão e em variedades coloridas (GOYCOOLEA et al., 1990).

Os programas de melhoramento genético do feijoeiro visam obter variedades que apresentem alta produtividade, aliada a resistência às doenças, com produção de sementes possuindo forma, tamanho, cor e brilho aceitáveis no mercado. Além disso, os grãos de feijão devem possuir características culinárias e nutricionais desejáveis, como facilidade de cocção, boa

palatabilidade, textura macia do tegumento, capacidade de produzir caldo claro e denso após o cozimento, maior teor de proteínas e minerais.

Assim, com a finalidade de oferecer informações aos melhoristas, este trabalho teve como objetivo determinar a composição química e a digestibilidade da proteína de novas linhagens de feijão.

MATERIAL E MÉTODOS

Vinte e uma linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) foram fornecidas pelo Banco de Germoplasma do Setor de Genética e Melhoramento de Plantas do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras, tendo sido cultivadas sob as mesmas condições, na safra das águas e colhidas em janeiro de 2004 (Tabela 1). Os feijões foram triturados em moinho de bola acrescidos com nitrogênio líquido e posteriormente embalados em sacos plásticos de polietileno e armazenados em temperatura de 5 a 10°C, até as análises.

A proteína bruta foi determinada pelo método micro-Kjeldahl, conforme procedimento da AOAC (1995). A determinação de fibra detergente neutro (FDN) foi realizada segundo metodologia proposta por Van Soest & Wine, citados por Silva (1990). Os teores de extrato etéreo foram determinados pela extração das farinhas com éter etílico usando aparelho de Soxhlet (AOAC, 1995). Os teores de cinzas foram determinados pelo método gravimétrico baseado na determinação da perda de peso do material submetido a aquecimento a 550°C (AOAC, 1995). O extrato não nitrogenado foi calculado por diferença: 100 – (umidade + proteína bruta + FDN + extrato etéreo + cinzas). A determinação dos minerais foi feita segundo Malavolta et al. (1989), no qual os extratos das amostras foram obtidos por digestão nitroperclórica. P e S foram quantificados por colorimetria; Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn por espectrofotometria de absorção atômica e K, por fotometria de chama.

A digestibilidade protéica *in vitro* foi realizada empregando-se a técnica descrita por Akesson & Stahmann (1964). A digestibilidade encontrada para caseína foi tomada como padrão e seu valor considerado como 100%. A digestibilidade das farinhas foi corrigida em relação à caseína e os resultados expressos em porcentagem. Os compostos fenólicos foram determinados segundo metodologia de Swain & Hillis (1959), utilizando metanol (80mL/100 mL) como extrator e dosados de acordo com método de Folin-Denis, descrito pela AOAC (1995), usando ácido tânico como padrão. A dosagem de inibidor de tripsina foi realizada pelo método de Kakade et al. (1969), modificado por Kakade et al. (1974).

TABELA 1 – Nome e cor do tegumento das 21 linhagens de feijões.

Nome	Cor do tegumento	Nome	Cor do tegumento
ESAL 516	Roxo	D – 282	Bege c/ rajas marrons
ESAL 543	Vermelho	Rio Vermelho	Roxo
Valente	Preto	ESAL 603	Bege c/ rajas marrons
Negrilo	Preto	P – 180	Bege c/ rajas marrons
Small white	Branco	AN 910523	Bege c/ rajas marrons
CIAT 511	Vermelho	ESAL 651	Bege c/ rajas marrons
ESAL 521	Bege c/ rajas marrons	ESAL 569	Bege c/ rajas marrons
Paraná	Pardo	ESAL 647	Bege c/ rajas marrons
BAT 304	Preto	ESAL 654	Bege c/ rajas marrons
ESAL 518	Bege c/ rajas marrons	ESAL 655	Bege c/ rajas marrons
Flor de Mayo	Bege c/ rajas rosas		

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com 21 tratamentos (linhagens) e 3 repetições. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância com o uso do programa estatístico SISVAR versão 4.0. Aos parâmetros significativos aplicou-se o teste de médias Scott-Knott, com 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição centesimal das 21 linhagens de feijão está apresentada na Tabela 2. A umidade encontrada nas farinhas de feijão variou de 13,76 a 18,26g/100 g.

A análise de variância mostrou diferença significativa entre as linhagens, para estes parâmetros. Observou-se que os teores de proteína bruta variaram de 22,34 a 36,28 g/100 g MS. Na literatura são citados teores de proteína bruta variando de 22,00 a 29,55 g/100 g MS (BARAMPAMA & SIMARD, 1993; ESTEVES, 2000; MOURA, 1998; RIOS, 2000). Observa-se, portanto, que 10 linhagens apresentaram teores superiores a esses.

Os teores, em g/100 g, de FDN variaram de 7,56 (Paraná) a 20,91 (ESAL 654), de extrato etéreo de 0,53 (ESAL 518) a 2,55 (ESAL 516) e o de cinzas de 2,97 (ESAL 543) a 4,87 (D-282). Comparando estes resultados com dados de literatura para a FDN – 14 a 19g/100 g MS (REYES-MORENO & PAREDEZ-LOPEZ, 1993); para o extrato etéreo – 1,2 a 2,0g/100 g MS (BARAMPAMA & SIMARD, 1993; BRIGIDE, 2002); e para cinzas – 3,8 a 4,5g/100 g MS (BARAMPAMA & SIMARD, 1993), observaram-se teores maiores e menores da faixa citada na literatura, indicando que essas diferenças são inerentes à linhagem, devidas às condições de cultivo, de clima e de fertilidade do solo.

Verificou-se que a linhagem ESAL 655 além de ter apresentado o teor mais elevado de proteína bruta,

apresentou também um dos mais elevados teores de cinzas, enquanto que a ESAL 516 de menor teor protéico (22,34 g/100 g MS), mostrou o nível mais elevado de extrato etéreo (2,55 g/100 g MS).

Os teores dos minerais das 21 linhagens de feijão são apresentados na Tabela 3. A análise de variância demonstrou diferença significativa entre as linhagens estudadas para todos os minerais.

O teor de P encontrado neste estudo variou de 0,45 (ESAL 521) a 0,73g/100 g MS (ESAL 647). As linhagens com menor teor protéico apresentaram teores de P entre 0,45 (ESAL 521) e 0,59 g/100 g MS (ESAL 518), e as linhagens com maior teor protéico apresentaram teores de fósforo entre 0,55 (ESAL 651) a 0,73 g/100 g MS (ESAL 647). Portanto, as linhagens com maiores teores protéicos se destacaram em relação ao P, sobretudo, as linhagens ESAL 647, P-180 e ESAL 569. Na literatura os teores de P variam de 0,37 a 0,54 g/100 g MS (BARAMPAMA & SIMARD, 1993; ESTEVES, 2000; MOURA, 1998). Constata-se, que no presente trabalho, foram encontradas linhagens com teores superiores a estes.

A faixa de K encontrada na literatura para o feijão varia de 0,52 a 1,96 g/100 g MS (BARAMPAMA & SIMARD, 1993; ESTEVES, 2000; MOURA, 1998). Verifica-se portanto, que as linhagens com conteúdo protéico mais baixo (as onze primeiras da Tabela 2) estão dentro da faixa citada na literatura, porém, as linhagens com maior conteúdo protéico apresentam teores de K superiores aos citados na literatura.

Vários autores encontraram teores de Ca, em 100 g MS, variando de 0,06 g a 0,28 g (BARAMPAMA & SIMARD, 1993; ESTEVES, 2000; MOURA, 1998). Verifica-se que as linhagens estudadas estão dentro desta faixa citada na literatura.

TABELA 2 – Composição centesimal, em g/100g matéria seca (MS), das 21 linhagens de feijão*.

Linhagens	PB	FDN	EE	Cinzas	ENN
ESAL 516	22,34e	10,37g	2,55a	3,67e	46,79
ESAL 543	22,69e	14,59d	1,75c	2,97g	43,98
Valente	22,81e	16,40c	1,79c	3,23f	39,23
Negrilo	23,28e	19,91a	1,03g	3,42f	36,62
Small White	23,56d	17,57b	1,97b	3,55e	37,41
CIAT 511	23,74d	20,55a	2,02b	3,31f	35,76
ESAL 521	24,03d	12,63e	0,70h	3,22f	44,40
Paraná	24,09d	7,56h	1,76c	3,43f	48,37
BAT 304	24,15d	13,73d	1,06g	3,31f	42,49
ESAL 518	24,38d	15,84c	0,53i	3,36f	41,20
Flor de Mayo	24,50d	14,09d	1,06g	3,33f	41,89
D-282	32,14c	8,11h	1,86c	4,87a	38,95
Rio Vermelho	32,38c	11,15f	1,54e	4,29c	34,87
P-180	32,78c	13,81d	1,75c	4,44c	32,82
ESAL 603	32,78c	13,03e	1,56e	3,66e	33,60
AN 910523	33,42b	9,83g	1,68d	3,60e	35,47
ESAL 651	33,72b	12,26e	1,68d	4,63b	33,44
ESAL 569	33,83b	8,50h	1,31f	4,80a	35,47
ESAL 647	33,95b	10,03g	1,92b	3,88d	35,22
ESAL 654	34,41b	20,91a	1,74c	4,52b	22,84
ESAL 655	36,28a	13,19e	1,44e	4,86a	29,16

* Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. PB = proteína bruta, FDN = fibra detergente neutro, EE = extrato etéreo, ENN = extrato não nitrogenado.

As linhagens com maior conteúdo protéico se destacaram também com os níveis mais elevados de Mg, sendo estatisticamente diferentes das linhagens de menor conteúdo protéico, exceto a “Rio Vermelho”. Os teores de Mg, em 100 g MS, variaram de 0,18 g a 0,34 g, sendo mais altos que a faixa encontrada na literatura 0,04 g a 0,24 g (BARAMPAMA & SIMARD, 1993; ESTEVES, 2000; MOURA, 1998).

As linhagens com nível protéico mais elevado também apresentaram os níveis mais elevados de S, destacando-se a “ESAL 647” (0,47g/100g MS), a “P-180” (0,45g/100g MS) e a “AN 910523” (0,44 g/100 g MS), que foram estatisticamente diferentes das demais. Já as linhagens com nível protéico mais baixo mostraram teores, em 100 g MS, que variaram de 0,28 g a 0,34 g. Esteves (2000) relatou teores de S de 0,10 a 0,14g/100g MS e Moura (1998), de 0,23 a 0,26g/100g MS, níveis abaixo dos encontrados no presente estudo.

Os teores encontrados para Cu, em mg/kg de MS, variaram de 11,37 (ESAL 603) a 17,73 (P-180). Das 10 linhagens com maior teor protéico, 7 se apresentaram com os teores mais elevados de Cu. Estudos citados na literatura mostram os teores de Cu variando de 1,4 a 9 mg/

kg de MS (BARAMPAMA & SIMARD, 1993; ESTEVES, 2000; MOURA, 1998) de diferentes linhagens de feijão. Constata-se que os teores de Cu do presente trabalho são superiores aos da literatura.

As linhagens com menor nível protéico apresentaram teores de Zn entre 36,67 (ESAL 521) e 54,60 mg/kg MS (Flor de Mayo) e as linhagens com maior valor protéico teores entre 42,83 (ESAL 651) e 63,90 mg/kg MS (P-180). Observa-se uma tendência das linhagens com maior teor protéico apresentarem também teores mais elevados de Zn, exceto as “D-282” e “ESAL 651”. Segundo alguns autores os teores de Zn registrados para vários feijões variaram de 20,20 a 36,00 mg/kg MS (BARAMPAMA & SIMARD, 1993; ESTEVES, 2000; MOURA, 1998), sendo inferiores aos encontrados neste trabalho.

As linhagens com menor nível protéico apresentaram teores de Fe entre 71,37 (Small White) e 101,00 mg/kg MS (ESAL 516) e as linhagens com maior valor protéico apresentaram teores de ferro entre 78,93 (D-282) a 126,90 mg/kg MS (ESAL 654). Novamente verifica-se uma tendência das linhagens com maior conteúdo protéico apresentarem também maior teor de Fe, exceto a “D-282”.

TABELA 3 – Teores médios de minerais, em matéria seca, das 21 linhagens de feijão*.

Linhagens	P	K	g/100 g					mg/kg				
			Ca	Mg	S	Cu	Mn	Zn	Fe			
ESAL 516	0,55e	1,62c	0,12c	0,19b	0,34d	14,33a	18,93e	48,17c	101,00c			
ESAL 543	0,55c	1,63c	0,10c	0,19b	0,32d	17,13a	17,27c	44,13c	87,50d			
Valente	0,54e	1,58c	0,10c	0,19b	0,29c	14,60a	14,93f	40,47d	73,83f			
Negrito	0,49f	1,81c	0,03d	0,23b	0,31d	14,80a	18,00e	46,93c	83,07d			
Small White	0,46f	1,58c	0,09c	0,18b	0,28e	12,90b	15,90f	36,93d	71,37f			
CIAT 511	0,48f	1,68c	0,03d	0,18b	0,30e	13,50b	15,30f	38,93d	72,87f			
ESAL 521	0,45f	1,51c	0,06d	0,19b	0,28e	12,30b	17,27e	36,67d	76,77e			
Paraná	0,48f	1,58c	0,04d	0,18b	0,30e	12,00b	16,27f	41,83c	87,63d			
BAT 304	0,48f	1,66c	0,04d	0,20b	0,30e	13,07b	15,13f	39,00d	75,30f			
ESAL 518	0,59d	1,54c	0,04d	0,18b	0,31d	11,47b	17,20e	44,47c	87,30d			
Flor de Mayo	0,53e	1,67c	0,07d	0,21b	0,33d	12,80b	15,27f	54,60b	79,40e			
D-282	0,62c	2,24b	0,28a	0,28a	0,37c	12,13b	22,33d	44,73c	78,93e			
Rio Vermelho	0,59d	2,17b	0,11c	0,21b	0,40b	14,67a	23,40c	50,47b	101,70c			
P-180	0,72a	2,48a	0,09c	0,32a	0,45a	17,73a	26,03b	63,90a	125,07a			
ESAL 603	0,63c	2,22b	0,11c	0,29a	0,41b	11,37b	21,37d	50,43b	101,57c			
AN 910523	0,59d	2,25b	0,17b	0,34a	0,44a	14,47a	24,23c	52,03b	99,63c			
ESAL 651	0,55e	2,04b	0,18b	0,31a	0,42b	15,10a	25,00c	42,83c	106,30c			
ESAL 569	0,71a	2,26b	0,15b	0,34a	0,42b	16,27a	26,63b	56,03b	115,93b			
ESAL 647	0,73a	2,30b	0,24a	0,30a	0,47a	15,90a	28,20a	58,07a	119,27b			
ESAL 654	0,68b	2,14b	0,15b	0,28a	0,41b	13,93b	26,37b	55,40b	126,90a			
ESAL 655	0,66b	2,18b	0,15b	0,32a	0,41b	16,67a	28,90a	55,37b	99,07c			

*Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A recomendação nutricional de ferro para crianças é de 10 mg/dia (NRC, 1989) e a absorção para indivíduos saudáveis, corresponde a 15% da quantidade de Fe total presente na dieta, verificando-se a importância do feijão comum na dieta da população brasileira (BRIGIDE, 2002). Daí, a busca por teores mais elevados.

Na Tabela 4, são mostrados os valores médios da digestibilidade protéica *in vitro*, dos compostos fenólicos e dos inibidores de tripsina. A análise de variância mostrou diferença significativa para estes parâmetros.

Em relação à digestibilidade, as linhagens com maior teor protéico apresentaram valores variando de 18,03 a 48,32%; e as linhagens de menor teor protéico variando de 19,48 a 43,95%. A linhagem ESAL 655, cujo teor protéico foi o mais elevado, apresentou a menor digestibilidade (18,03%). A “ESAL 569”, entre as de maior conteúdo protéico, se destacou na digestibilidade (48,32%), sendo estatisticamente diferente das demais.

Contudo, esse percentual de digestibilidade é ainda considerado muito baixo.

Comparando-se com resultados de digestibilidade protéica encontrados na literatura, cujos percentuais variaram de 48,80 a 73,00% (EGG-MENDONÇA et al., 2003; ESTEVES, 2000; RIOS et al., 2003), observa-se que os resultados deste trabalho foram inferiores. Isto deve ser devido principalmente a diferenças inerentes a cultivar ou linhagem, uma vez que a metodologia empregada foi a mesma.

O teor de compostos fenólicos encontrado neste estudo variou de 0,28 a 1,08 g de ácido tânico/100 g MS. Segundo alguns autores, os teores de compostos fenólicos registrados para vários feijões estão na faixa de 0,26 a 1,45 g de ácido tânico/100 g MS (EGG-MENDONÇA et al., 2003; ESTEVES, 2000; RIOS et al., 2003). Comparando-se com os resultados obtidos neste trabalho, verifica-se que eles se encontram dentro desta faixa.

TABELA 4 – Digestibilidade protéica *in vitro*, teores de compostos fenólicos e de inibidor de tripsina das 21 linhagens de feijão¹.

Linhagens	Digestibilidade ² (%)	Compostos fenólicos ³	Inibidor tripsina ⁴
ESAL 516	26,97f	0,77d	71,47g
ESAL 543	36,72d	0,70e	106,67d
Valente	32,00e	0,88c	120,23c
Negrilo	43,53b	0,81d	121,90c
Small White	39,14c	0,28f	97,80e
CIAT 511	43,95d	1,00a	84,10f
ESAL 521	37,73d	0,88c	67,90g
Paraná	31,03e	0,96b	67,67g
BAT 304	20,43g	0,91c	80,77f
ESAL 518	21,38g	0,76d	81,67f
Flor de Mayo	19,48g	1,02a	59,93h
D-282	36,96d	0,94b	151,07a
Rio Vermelho	40,28c	0,91c	81,97f
P-180	44,32b	0,96b	118,67c
ESAL 603	43,43b	0,97b	112,7d
AN 910523	20,52g	0,93b	106,9d
ESAL 651	44,50b	1,05a	127,27c
ESAL 569	48,32a	1,08a	136,97b
ESAL 647	29,53e	0,96b	120,30c
ESAL 654	26,17f	0,89c	90,27e
ESAL 655	18,03g	1,02a	113,50d

¹Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

²Valores corrigidos para caseína considerada 100 % digerível.

³Em g de ácido tânico/100 g de MS.

⁴UTI (unidades de tripsina inibida)/mg de MS.

Observa-se que os teores mais elevados de compostos fenólicos (g de ácido tânico/100 g MS) foram encontrados nas linhagens ESAL 569 (1,08), ESAL 651 (1,05), ESAL 655 (1,02), Flor de Mayo (1,02) e CIAT 511 (1,00), cujas digestibilidades protéicas foram de 48,32%, 44,50%, 18,03%, 19,48% e 43,95%, respectivamente, não havendo correlação linear (-0,008) entre os dois parâmetros. As três primeiras linhagens são de tegumento bege com rajas marrons, a “Flor de Mayo”, tegumento bege com rajas rosas e a “CIAT 511”, tegumento vermelho. A linhagem que apresentou o teor mais baixo de compostos fenólicos foi a “Small White” (tegumento branco).

Em relação ao inibidor de tripsina (Tabela 4), encontrou-se teores de 59,93 a 151,07 UTI/mg MS. No estudo realizado por Antunes et al. (1995), cultivares de feijão, Rico 23, Carioca, Piratã-1 e Rosinha-G2 apresentaram inibidores de tripsina, em UTI/mg MS, de 148,50, 136,80, 183,60 e 161,30, respectivamente. Os autores comentam que *in vivo* a toxicidade dos feijões foi extremamente elevada, provocando letalidade total dos ratos alimentados com dieta contendo feijão cru em um intervalo de 2 a 9 dias.

Bressani et al. (1983) e Kakade & Evans (1965) estudaram a letalidade de ratos alimentados com feijões de outras cultivares e também constataram essa enorme toxicidade. A toxicidade aguda do feijão cru não parece ser devida, exclusivamente, a ação dos agentes antinutricionais, antitripsina e lectina, uma vez que outros, altamente tóxicos, ainda não identificados, podem estar presentes, contribuindo para o efeito tóxico total. Esses compostos desconhecidos podem ser altamente termolábeis, pois tratamento térmico brando, insuficiente para eliminar os antinutricionais identificados, diminui a toxicidade aguda, melhorando o valor biológico das proteínas da dieta (ANTUNES & SGARBIERI, 1979).

A linhagem Flor de Mayo apresentou o menor teor de inibidor de tripsina (59,93 UTI/mg MS) e baixa digestibilidade protéica, e a linhagem D-282 apresentou o maior teor (151,07 UTI/mg MS) cuja digestibilidade foi melhor que a Flor de Mayo. Portanto, não houve correlação linear (0,428) entre a digestibilidade protéica e o inibidor de tripsina, todavia observa-se que as linhagens de maior teor protéico apresentaram também maior teor de inibidor de tripsina. Provavelmente, outros fatores devem ser responsáveis pela baixa digestibilidade.

CONCLUSÕES

Entre as linhagens com maiores teores protéicos a “ESAL 569” apresentou a maior digestibilidade protéica e também níveis elevados de P, Mg e Cu. Enquanto a “P-

180” ficou entre as linhagens com teores mais elevados de proteína bruta e entre as de maiores digestibilidades, além de ter apresentado altos teores dos minerais P, K, Mg, S, Cu, Zn e Fe.

Não foi observada nenhuma correlação linear entre a digestibilidade da proteína e os níveis de compostos fenólicos e inibidores de tripsina.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKESSON, W. R.; STAHMANN, M. A. A pepsin pancreatic digest index of protein quality evaluation. **Journal of Nutrition**, Bathesda, v. 83, p. 257-261, 1964.

ANTUNES, P. L.; BILHALVA, A. B.; ELIAS, M. C.; SOARES, G. J. D. Valor nutricional de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.), cultivares rico 23, carioca, piratã-1 e rosinha-G2. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 1, n. 1, p. 12-18, jan./abr. 1995.

ANTUNES, P. L.; SGARBIERI, V. C. Influence of time and conditions of storage on technological and nutritional properties of a dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) variety Rosinha G2. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 44, p. 170-176, Jan./Feb. 1979.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of the Analytical Chemists**. 16. ed. Washington, 1995.

BARAMPAMA, Z.; SIMARD, R. E. Nutrient composition, protein quality and antinutritional factors of some varieties of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) grown in Burundi. **Food Chemistry**, Oxford, v. 47, n. 2, p. 157-167, 1993.

BRESSANI, R.; ELIAS, L. G.; WOLZACK, A. Common beans: methods of analysis and effects on protein quality. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 48, n. 3, p. 1000-1003, 1983.

BRIGIDE, P. **Disponibilidade de ferro em grãos de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) irradiados**. 2002. 58 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.

EGG-MENDONÇA, C. V. do C.; ABREU, C. M. P.; CORRÊA, A. D.; SANTOS, C. D.; MORAIS, A. R. Quantificação de polifenóis e digestibilidade protéica de famílias de feijoeiro comum. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 4, p. 858-864, jul./ago. 2003.

- ESTEVES, A. M. **Comparação química e enzimática de seis linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 2000. 55 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.
- GOYCOOLEA, F.; GONZÁLEZ, E.; BARRON, J. M. Efecto de los tratamientos caseros en las preparaciones de frijol pinto (*Phaseolus vulgaris*) sobre el contenido de taninos y valor nutritivo de las proteínas. **Archivos Latino-Americanos de Nutrición**, Guatemala, v. 15, n. 2, p. 263-273, 1990.
- HASLAM, E. Vegetable tannins. **Recent Advances Phytochemistry**, New York, v. 12, p. 475-523, 1979.
- KAKADE, M. L.; EVANS, R. J. Nutritive value of navy beans (*Phaseolus vulgaris*). **British Journal Nutrition**, London, v. 19, p. 269-276, 1965.
- KAKADE, M. L.; RACKIS, J. J.; MCGHEE, J. E.; PUSKI, G. Determination of trypsin inhibitor activity of soy product: a collaborative analysis of an improved procedure. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 51, n. 3, p. 376-382, 1974.
- KAKADE, M. L.; SIMONS, N.; LIENER, I. E. An evaluation of natural vs. synthetic substrates for measuring the antitryptic activity of soybean samples. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 46, n. 5, p. 518-526, 1969.
- LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I.; MENEZES, E. W. Qualidade nutricional. In: ARAUJO, R. S.; AGUSTÍN-RAVA, C.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. de O. (Coords.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p. 71-99.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação de estado nutricional das plantas**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1989. 201 p.
- MOURA, A. C. de C. **Análises físico-químicas e enzimáticas antes e após armazenamento em grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) submetidos a diferentes tempos e tipos de secagem**. 1998. 70 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1998.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Recommended dietary allowance**. 10. ed. Washington, DC, 1989.
- REYES-MORENO, C.; PAREDEZ-LOPEZ, O. Hard-to-cook phenomenon in common beans: a review. **Critical Review in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 33, n. 3, p. 227-286, 1993.
- RIOS, A. de O. **Avaliação da época de colheita e do armazenamento no escurecimento e digestibilidade de três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 2000. 59 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.
- RIOS, A. de O.; ABREU, C. M. P.; CORRÊA, A. D. Efeito da estocagem e das condições de colheita sobre algumas propriedades físicas, químicas e nutricionais de três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.). **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v. 23, p. 39-45, dez. 2003. Suplemento.
- SGARBIERI, V. C. Estudo do conteúdo e de algumas características das proteínas e sementes de plantas leguminosas. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 32, n. 1, p. 78-84, jan./fev. 1980.
- SILVA, D. J. da. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: UFV, 1990. 165 p.
- SOARES, A. G. Consumo e qualidade nutritiva. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5., 1996, Goiânia. **Anais...** Goiânia: UFGO, 1996. v. 2, p. 73-79.
- STANLEY, D. W.; AGUILLERA, J. M. A review of textural defects in caged reconstituted legumes: the influence of structure and composition. **Journal of Food Biochemistry**, Westport, v. 9, n. 4, p. 277-323, 1985.
- SWAIN, T.; HILLIS, W. E. The phenolic constituents of *Prunus domestica* L.: the quantitative analysis of phenolic constituent. **Journal of Science of Food and Agriculture**, London, v. 10, n. 1, p. 63-68, Jan. 1959.