

Efeito do processamento doméstico sobre o teor de nutrientes e de fatores antinutricionais de diferentes cultivares de feijão comum

Effect of domestic processing on nutrient and antinutritional factor content in different cultivars of common beans

Lucía RAMÍREZ-CÁRDENAS¹, Alda Jusceline LEONEL², Neuza Maria Brunoro COSTA^{2*}

Resumo

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris*, L.) é uma fonte rica de nutrientes, porém a presença de fatores antinutricionais limita seu valor nutricional. Avaliou-se o efeito do processamento doméstico no teor de nutrientes e fatores antinutricionais de cinco cultivares de feijão comum: branco (Ouro Branco), negro (Diamante Negro) e marrom rajado (BRS Radiante, Pérola e Talismã). Foram utilizadas farinhas de feijões crus, feijões cozidos sem maceração, feijões cozidos com água de maceração e feijões cozidos sem água de maceração, quantificados quanto à composição centesimal e teores de minerais, taninos e fitatos. Em farinhas de feijões cozidos com água de maceração também foi determinada a fibra alimentar total, a solúvel e a insolúvel, e o perfil de aminoácidos. Observou-se que todos os parâmetros quantificados dependeram da cultivar. O processo de cozimento influenciou apenas no teor de taninos e fitatos, provocando a maior redução de ambos os fatores após o cozimento sem água de maceração. O cozimento também provocou um aumento no teor de fibra alimentar insolúvel e redução de fibra alimentar solúvel em relação às cultivares cruas. Com base nos escores químicos corrigidos pela digestibilidade (PDCAAS), a cultivar Pérola foi a fonte protéica de mais baixa qualidade e a Talismã foi a de melhor qualidade.

Palavras-chave: valor nutricional; antinutrientes; qualidade protéica; feijão.

Abstract

The common bean (*Phaseolus vulgaris*, L.) is an important source of nutrients, however, the presence of antinutrient factors limits its nutritional value. The effect of the domestic processing was evaluated on the content of nutrients and antinutrient factors in five cultivars of beans: White (*Ouro Branco*), Black (*Diamante Negro*) and Brown (*BRS Radiante*, *Pérola* and *Talismã*). The centesimal composition and the content of minerals, tannins and phytate were evaluated in flours made by raw beans as well as in beans cooked without soaking; cooked with the soaking water or cooked without the soaking water. The content of total, soluble and insoluble dietary fiber and the amino acid profile were analyzed in beans cooked with the soaking water. All the parameters analyzed varied with the bean cultivar. The cooking process affected only the content of tannins and phytate, which were both reduced to a higher extent by cooking without the soaking water. The cooking process increased the content of insoluble dietary fiber and decreased the soluble dietary fiber when compared to the raw samples. Based on the protein digestibility corrected amino acid score (PDCAAS), *Pérola* was the cultivar with lowest protein quality and *Talismã* the highest one.

Keywords: value nutritional; antinutrients; protein quality; beans.

1 Introdução

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris*, L.) é uma fonte rica de nutrientes, sendo considerado por muito tempo no Brasil como o alimento básico para a população, tanto nas áreas rurais quanto urbanas (COSTA et al., 2006). Provê quantidades significativas de proteínas, calorias, ácidos graxos insaturados (ácido linoléico), fibra alimentar, especialmente fibra solúvel, e é uma excelente fonte de alguns minerais e vitaminas (COELHO, 1991; BERRIOS et al., 1999; VILLAVICENCIO et al., 2000; KUTOS et al., 2003). Apesar de tais vantagens, os feijões apresentam algumas características indesejáveis que limitam sua aceitabilidade ou seu valor nutricional, tais como: o fenômeno *hard to cook*, a presença de fatores antinutricionais, e baixo valor nutricional das suas proteínas (JOOD et al., 1986; DE-LEON et al., 1992; VIDAL-VALVERDE, 1993; BARAMPAMA; SIMARD, 1994; COSTA DE OLIVEIRA et al., 2001).

Para melhorar a qualidade nutricional do feijão, o descascamento, a maceração, o cozimento, e a germinação são métodos utilizados (KHOKHAR; CHAUHAN, 1986; DE-LEON et al., 1992; BARAMPAMA; SIMARD, 1994; BARAMPAMA; SIMARD, 1995). Os efeitos variam dependendo da cultivar e do tratamento. Em geral todos estes processos reduzem os fatores antinutricionais (BARAMPAMA; SIMARD, 1994), sendo observado que acontecem também outros fenômenos, como perdas no conteúdo de proteínas (REHMAN et al., 2001) e da maioria dos macro e micro nutrientes, particularmente vitaminas e minerais, durante os processos de maceração e cozimento (RINCON et al., 1993; BARAMPAMA; SIMARD, 1995; REHMAN et al., 2001).

Entre os fatores antinutricionais, o feijão comum contém principalmente taninos condensados que são compostos fe-

Recebido para publicação em 8/12/2006

Aceito para publicação em 18/9/2007 (002141)

¹ Universidad San Francisco de Quito. Colegio de Agricultura, Alimentos y Nutrición, Quito-Ecuador, E-mail: luciar@usfq.edu.ec

² Departamento de Nutrição e Saúde, Universidade Federal de Viçosa - UFV, CEP 36570-000, Viçosa - MG, Brasil, E-mail: nmbc@ufv.br

*A quem a correspondência deve ser enviada

nólicos (MARTINEZ-VALVERDE et al., 2000; SATHE, 2002) e ácido fítico, que é a principal forma de armazenamento de fósforo (MARTINEZ-DOMINGUEZ et al., 2002). A ação antinutricional de taninos e fitatos está baseada na capacidade de formar complexos insolúveis com minerais, proteínas e amidos biologicamente indisponíveis para seres humanos em condições fisiológicas normais (TORRE et al., 1991; RICKARD; THOMPSON, 1997; MARTINEZ-VALVERDE et al., 2000; MARTINEZ-DOMINGUEZ et al., 2002). Entretanto, o ácido fítico e os compostos fenólicos, quando em baixas concentrações, apresentam também efeitos positivos sobre a saúde como ação protetora frente ao câncer e prevenção de enfermidades cardiovasculares (SHAHIDI, 1997; MARTINEZ-DOMINGUEZ et al., 2002).

A fibra alimentar consiste principalmente das frações solúvel e insolúvel que apresentam diferentes efeitos fisiológicos na saúde humana (REHMAN; SHAH, 2004), como proteção contra doenças cardiovasculares, diabetes, obesidade, câncer de cólon e doenças diverticulares (PEREZ-HIDALGO et al., 1997). Porém, a capacidade da fibra alimentar para ligar íons de minerais polivalentes pode ter um efeito negativo na biodisponibilidade de alguns nutrientes, fundamentalmente minerais (TORRE et al., 1991) e diminuição na utilização de proteínas (MARQUES MENDEZ et al., 1993).

Objetivou-se neste estudo avaliar o efeito do processamento doméstico em cinco cultivares de feijão comum, mais especificamente, analisou-se o teor de nutrientes e fatores antinutricionais em feijão cru, cozido não macerado e cozido macerado, com e sem uso de água de maceração não absorvida. Foram quantificadas ainda a fibra alimentar total, a fibra solúvel e a fibra insolúvel em feijões crus e cozidos com a água de maceração. Em feijões cozidos com água de maceração foi avaliada também a qualidade protéica através da determinação do escore químico corrigido pela digestibilidade verdadeira (PDCAAS).

2 Material e métodos

2.1 Cultivares de feijão

As amostras de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.) utilizadas foram das cultivares Ouro Branco (OB), Diamante Negro (DN), BRS Radiante (BRS) e Pérola (PER), fornecidas pela EMBRAPA – Arroz e Feijão, localizada em Santo Antônio de Goiás - GO, já a amostra Talismã (TL) foi fornecida pela Universidade Federal de Viçosa.

Todas as cultivares foram da safra 2003, sendo acondicionadas em sacos de polietileno e armazenadas a 10 °C, antes do experimento.

2.2 Obtenção das farinhas de feijão

Os grãos de cada cultivar foram selecionados e submetidos a quatro processamentos diferentes para a obtenção das farinhas respectivas:

- CRU - Feijão cru, moído em microprocessador e peneirado (20 mesh) o número suficiente de vezes até a obtenção de um pó homogêneo;

- CCAM - Feijão submetido à maceração em uma proporção feijão: água de 1:2 (p/v) por 15 horas à temperatura ambiente e posteriormente cozido com a água de maceração, em panela de pressão doméstica, durante 40 minutos depois da saída constante de vapor pela válvula de pressão;
- CSAM - Feijão submetido à maceração e cozido como descrito para CCAM, porém, sem a água de maceração, sendo acrescentado 400 mL de água da torneira para o cozimento; e
- CSM - Feijão cozido sem maceração, nas mesmas condições de cozimento já mencionadas.

Em todos os casos os feijões cozidos foram secos, juntamente com o caldo de cocção, em estufa de ar circulante por 17 horas a 60°C, sendo posteriormente moídos em microprocessador e peneirados (20 mesh) o número suficiente de vezes até a obtenção de um pó homogêneo.

2.3 Determinação da composição centesimal

A umidade foi determinada em estufa a 105 °C, conforme o procedimento descrito nas Normas Analíticas do IAL (1985).

As cinzas foram determinadas por meio da calcinação das amostras em mufla a 550 °C, segundo o método descrito pela AOAC (1984).

A determinação de proteínas foi realizada segundo o método de Kjeldahl, para a quantificação de nitrogênio total, descrito pela AOAC (1984) e o conteúdo de proteína foi calculado por multiplicação pelo fator 6,25.

A determinação de lipídios foi realizada por extração em Soxhlet, segundo o método da AOAC (1984), utilizando éter de petróleo como extrator.

A determinação de carboidratos foi realizada por diferença, sendo subtraída de 100 a soma dos teores de lipídios, proteínas, umidade e cinzas (AOAC, 1984).

2.4 Determinação dos teores de minerais

A concentração de ferro, zinco, cálcio, cobre e manganês nas farinhas de feijão foi quantificada por espectrofotometria de absorção atômica, em espectrofotômetro GBC 908 AA (GBC/Germany, Analítica, São Paulo, Brasil), após a digestão das farinhas com mistura de ácido nítrico e ácido perclórico (3:1 v/v), segundo metodologia descrita por Gomes (1996). Apropriadas diluições foram feitas utilizando água deionizada.

2.5 Determinação de taninos

A determinação do teor de taninos foi realizada de acordo com o método de Price et al. (1978) e expresso em mg de catequina por 100 g de amostra.

2.6 Determinação de fitatos

Antes da extração dos diferentes *myo-inositol* fosfatos, as farinhas de feijão foram liofilizadas em *freeze drier*. A quantificação de fitatos foi realizada segundo a metodologia descrita

pela AOAC (1990) e pelo método cromatográfico (par iônico, Ultrasep ES 100 RP18, 2 x 250 mm) proposto por Sandberg e Ahderinne (1986). O padrão utilizado continha IP6, IP5, IP4 e IP3 em diferentes concentrações.

2.7 Determinação de fibra alimentar

A determinação dos teores de fibra alimentar total (FAT) e fibra alimentar insolúvel (FAI) das amostras de feijão foi feita de acordo com o método enzimático gravimétrico (PROSKY et al., 1988; AOAC, 1990), utilizando-se para a hidrólise enzimática α -amilase termoresistente, protease e amiloglicosidase (Kit Megazyme Diagnostic kits for the food and agricultural Industries, Megazyme International Ireland Limited). Para a filtração utilizaram-se cadinhos de vidro com placa de vidro sinterizado com porosidade nº 2 (ASTM 40-60) e celite como auxiliar de filtração. A fibra solúvel (FAS) foi obtida por diferença entre FAT e FAI.

A determinação de fibras foi feita apenas nas cultivares cruas e cozidas com água de maceração.

2.8 Determinação dos aminoácidos

A análise de aminoácidos foi realizada utilizando-se o método feniltiocarbamil aminoácidos (PTC) (análise de aminoácidos: derivação pré-coluna com fenilisotiocianato) (BIDLINGMEYER et al., 1984; ROSA et al., 1987).

As amostras foram previamente hidrolisadas com HCl 6N bidestilado, seguido de derivação pré-coluna dos aminoácidos livres com fenilisotiocianato (PITC), e a separação dos derivativos feniltiocarbamil-aminoácidos (PTC-aa) foi feita em coluna de fase reversa C18 (Pico-Tag - 3,9 x 150 mm) com monitoração em comprimento de onda em 254 nm. A fase móvel utilizada esteve constituída por dois solventes A e B, sendo acetato de sódio 0,14 M, pH 5,8 contendo 0,7% de trietilamina e acetonitrila 60% em água. A razão de fluxo foi de 1,0 mL/min, desenvolvendo um gradiente côncavo de 10-55% B em 12 minutos.

A quantificação da amostra foi baseada na área de cada pico de aminoácido, tomando-se como referência a área do pico do padrão de aminoácidos com concentração conhecida, sendo que o padrão foi derivado nas mesmas condições e no mesmo tempo que as amostras.

A determinação de aminoácidos foi feita apenas nas cultivares cozidas com água de maceração.

2.9 Determinação do escore químico corrigido pela digestibilidade (PDCAAS)

Após a determinação e quantificação do perfil de aminoácidos determinou-se o escore de aminoácidos, relacionando os mg de aminoácidos por grama de proteína teste com os mg de aminoácido por grama de proteína de referência, sendo utilizada como proteína de referência o requerimento de aminoácidos para crianças de 2 a 5 anos conforme Food and Agriculture Organization (FAO, 1985).

O PDCAAS foi calculado conforme FAO (1991):

PDCAAS = primeiro limitante x digestibilidade verdadeira

3. Resultados e discussão

3.1 Cozimento

O grau de amolecimento foi avaliado subjetivamente por pressão dos feijões entre os polegares. A cultivar OB (em todos os processamentos) e as cultivares previamente maceradas após o cozimento apresentaram um maior grau de amolecimento. A DN (em todos os processamentos) e as cultivares não maceradas apresentaram uma textura mais dura. No entanto, todas as cultivares após 40 minutos de cozimento estavam já cozidas, com suas texturas adequadas e os feijões prontos para consumo. Bressani et al. (1981), avaliando a relação entre a cor e algumas propriedades físicas de feijões, determinaram que o tempo de cocção para os feijões brancos foi menor que para os feijões pretos e vermelhos. Feijões com maceração prévia ao cozimento são mais brandos que feijões não macerados cozidos durante o mesmo tempo (GOYCOOLEA et al., 1990), sendo que os feijões quando absorvem menos água precisam de um maior tempo de cocção. Embora o grau de abrandamento tenha sido um pouco diferente nas cultivares não maceradas, não foi necessário aumentar o tempo de cozimento por se considerar já adequado para a ingestão. O tempo de embebição dos feijões em água nas cultivares maceradas foi de 15 horas, sendo que um tempo de 12 a 24 horas é o recomendado; evitando assim longos períodos de hidratação que poderiam causar contaminações bacterianas (CHIARADIA; GOMES, 1997).

3.2 Composição centesimal

A composição centesimal das cultivares estudadas na forma crua e submetidas a diferentes tipos de cozimento encontra-se na Tabela 1.

3.3 Cinzas

O teor de cinzas nos feijões crus variou de 3,36 a 4,22 g.100 g⁻¹. Nos feijões cozidos com água de maceração a concentração variou de 3,61 a 4,23 g.100 g⁻¹. Nos feijões cozidos sem água de maceração a faixa foi de 3,44 a 4,10 g.100 g⁻¹. Em todos estes casos, a OB apresentou a menor concentração e a DN a maior. Quando os feijões foram cozidos sem maceração, o mínimo valor (3,66 g.100 g⁻¹) foi para a TL e o máximo (4,30 g.100 g⁻¹) para a DN. Porém, dentro de cada cultivar houve diferenças no comportamento em função dos diversos processamentos administrados. Assim, em relação às cultivares cruas, a DN apresentou aumento na concentração de cinzas quando foi cozida com água de maceração (0,24%) e cozida sem maceração (2%), diminuindo quando foi cozida sem água de maceração (3%). A BRS aumentou em 1 e 4%, respectivamente, quando foi cozida com água de maceração e cozida sem água de maceração e diminuiu 0,3% quando foi cozida sem maceração. A PER aumentou quando foi cozida com água de maceração (1%) e cozida sem maceração (0,5%), diminuindo ao ser cozida sem água de maceração (1,5%). A OB aumentou após o cozimento em todos os casos, ou seja, quando foi cozida com água de maceração (7,44%), cozida sem água de maceração (2%) e cozida

Tabela 1. Composição centesimal em base seca, para os cultivares de feijão.

Cultivar/processamento	Umidade (g.100 g ⁻¹)	Cinzas (g.100 g ⁻¹)	Proteína (g.100 g ⁻¹)	Lipídios (g.100 g ⁻¹)	Carboidratos (g.100 g ⁻¹)
1. OB					
CRU	10,74	3,36	23,25	1,70	71,69
CCAM	20,77	3,61	26,29	1,92	68,18
CSAM	12,79	3,44	23,05	1,85	71,66
CSM	12,36	3,71	23,50	1,85	70,94
2. DN					
CRU	10,69	4,22	24,33	1,91	69,54
CCAM	14,26	4,23	24,39	2,44	68,94
CSAM	10,58	4,10	24,02	2,26	69,62
CSM	20,52	4,30	26,09	2,32	73,75
3. BRS					
CRU	15,38	3,71	23,22	1,32	71,75
CCAM	22,89	3,76	25,61	1,88	68,75
CSAM	21,77	3,85	24,67	1,66	69,82
CSM	20,00	3,70	23,75	1,81	70,74
4. PER					
CRU	11,19	3,88	22,57	1,27	72,28
CCAM	13,59	3,92	23,25	2,05	70,78
CSAM	15,26	3,82	23,84	1,96	70,38
CSM	12,47	3,90	22,24	1,99	71,87
5. TL					
CRU	13,22	3,80	24,42	1,94	69,84
CCAM	14,14	3,79	24,92	1,88	69,41
CSAM	12,84	3,66	22,59	2,13	71,62
CSM	10,56	3,66	23,07	1,95	71,32

Média de três determinações. CRU: Feijão cru; CCAM: Feijão cozido com água de maceração; CSAM: Feijão cozido sem água de maceração; CSM: Feijão cozido sem maceração. OB: Feijão Ouro Branco; DN: Feijão Diamante Negro; BRS: Feijão BRS Radiante; PER: Feijão Pérola; e TL: Feijão Talismã

sem maceração (10%). Outras pesquisas reportaram também um aumento no teor de cinzas de 17% após o cozimento sem maceração (COSTA DE OLIVEIRA et al., 2001) e de 5% após o cozimento com água de maceração em feijão comum na cultivar IAC-Carioca (COSTA et al., 2006).

Já a TL teve um comportamento contrário, diminuindo o teor de cinzas após todos os cozimentos, esta diminuição foi de 0,3% (cozimento com água de maceração) e 4% (cozimento sem água de maceração e cozimento sem maceração). Esta diminuição após o cozimento também foi observada por Barampama; Simard (1995), com feijão comum (*Phaseolus vulgaris*, cultivar Dore de Kirundo) após cozimento sem água de maceração (20%) e sem maceração (12%). Estes autores consideram que a diminuição poderia ser explicada pela perda de minerais por difusão na água e o incremento no conteúdo de cinzas devido possivelmente à acumulação de alguns minerais no substrato, como acontece durante a fermentação. Durante a embebição, germinação e fermentação, a fitase intrínseca é ativada (BEAL; MEHTA, 1985), catalisando a hidrólise de fitato e produzindo inositol e ácido fosfórico (RICKARD; THOMPSON, 1997). Esta liberação mineral possivelmente seja a causa do aumento das cinzas.

O cozimento provavelmente favorece a liberação mineral de alguns complexos presentes nos feijões, como o complexo ácido fítico-mineral, que substituiu as perdas minerais por difusão na água (BARAMPAMA; SIMARD, 1995).

3.4 Proteínas

Como consta na Tabela 1, o teor de proteínas para os feijões crus variou de 22,57 (PER) a 24,42 g.100 g⁻¹ (TL). Nos feijões cozidos com água de maceração os valores estiveram na faixa de 23,25 (PER) a 26,29 g.100 g⁻¹ (OB). Quando não foi utilizada a água de maceração para o cozimento o conteúdo protéico esteve entre 22,59 (TL) e 24,67 g.100 g⁻¹ (BRS).

Nos feijões cozidos sem maceração, a proteína esteve na faixa de 22,24 (PER) a 26,09 g.100 g⁻¹ (DN). Dentro de cada cultivar, quando comparado com o teor de proteína das cultivares cruas, a OB cozida com água de maceração e cozida sem maceração aumentou em 13 e 1%, respectivamente, diminuindo 1% no cozimento sem água de maceração. A DN aumentou no cozimento com água de maceração (0,2%) e no cozimento sem maceração (7%), diminuindo também quando foi cozida sem água de maceração em 1%. A BRS aumentou o conteúdo de proteína após os três tipos de cozimento, sendo este aumento de 10% (cozimento com água de maceração), 6% (cozimento sem água de maceração) e 2% (cozimento sem maceração). A cultivar PER aumentou em 3 e 6% quando foi cozida com água de maceração e cozida sem água de maceração, respectivamente, e diminuiu o teor de proteína em 1% quando foi cozida sem maceração. Finalmente a cultivar TL aumentou só quando foi cozida com água de maceração (2%), diminuindo nos demais cozimentos, sem água de maceração (7%) e sem maceração (6%). No presente estudo os processamentos administrados

afetaram de diferente forma o conteúdo protéico dependendo da cultivar, o que foi também observado por outros autores. Assim, feijões da cultivar IAC-Carioca apresentaram um aumento de 8% no teor de proteína quando foram cozidos sem maceração (COSTA DE OLIVEIRA et al., 2001). Marques Mendez et al. (1993), avaliando 5 cultivares de feijão, reportaram um aumento no conteúdo de proteína de 3 a 25% também em feijões cozidos sem maceração. Lombardi-Bocchia et al. (1998) observaram uma diminuição de 1,30% em feijões brancos cozidos com água de maceração. Bressani et al. (1981) reportaram um aumento de 5 a 10% no teor de proteína em três cultivares de feijões cozidos sem água de maceração. Já em pesquisa desenvolvida por Barampama e Simard (1995), os processamentos não afetaram o conteúdo de proteína.

A solubilidade de uma proteína é a manifestação termodinâmica do equilíbrio entre a interação proteína-proteína e proteína-solvente e está relacionada ao seu balanço de hidrofobicidade/hidrofobicidade. Assim, sua composição de aminoácidos afeta sua solubilidade. Porém, as características de hidrofobicidade e hidrofobicidade de superfície da proteína são os fatores mais importantes que afetam suas características de solubilidade, pois é a superfície da proteína que entra em contato com a água que está ao seu redor (DAMODARAN, 1997). Por outro lado, processamentos térmicos como o cozimento pode provocar alterações físico-químicas em proteínas, amido e outros componentes de leguminosas, afetando o seu valor nutricional (DELLA et al., 1994; COSTA et al., 2006).

3.5 Lipídios

O conteúdo de lipídios é geralmente baixo em feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) em comparação com outros macronutrientes (SGARBIERI, 1989). Nas cultivares estudadas (Tabela 1) o teor de lipídios nos feijões crus variou de 1,27 (PER) a 1,94 g.100 g⁻¹ (TL). Após todos os tipos de cozimento administrados, a DN apresentou a maior concentração e a BRS a menor concentração, tendo igual teor de lipídios que a TL quando foram cozidas com água de maceração. Em 4 cultivares o teor de lipídios aumentou após os três tipos de cozimento, quando comparadas com as cultivares cruas, tendo o máximo valor quando foram cozidas com água de maceração (OB, DN, BRS e PER), observando-se um aumento de 13, 28, 42 e 61%, respectivamente. Um aumento de 9% no teor de lipídios também foi observado por Costa de Oliveira et al. (2001) com feijões da cultivar IAC-Carioca cozida sem maceração. No presente estudo a TL foi a única cultivar que apresentou redução de 3% no teor de lipídios quando foi cozida com água de maceração em relação aos feijões crus, já no cozimento sem água de maceração e sem maceração apresentou aumento de 10 e 1%, respectivamente. Este efeito de aumento e diminuição no conteúdo de lipídios, após o cozimento na mesma cultivar, foi observado também por Barampama e Simard (1995) em feijão comum (*Phaseolus vulgaris*, cultivar Dore de Kirundo) que apresentou um teor de lipídios de 1,42 g.100 g⁻¹ em feijões crus, e que quando cozidos sem água de maceração diminuíram em 18% e quando cozidos sem maceração aumentaram em 6%. A diminuição no conteúdo de lipídios poderia ser devido à interferência durante a análise

provocada pela formação de um complexo lipídeo-proteína (BARAMPAMA; SIMARD, 1995).

Os lipídios do feijão comum mostram grande variabilidade na composição de ácidos graxos e contém substancial quantidade de ácidos graxos insaturados (REYES-MORENO; PAREDES-LOPEZ, 1993). O ácido oléico (7 a 10%), o linoléico (21 a 28%) e o α -linolênico (37 a 54%) são os ácidos graxos insaturados mais freqüentes e representam 65 a 87% do total de lipídios (CHIARADIA; GOMES, 1997).

3.6 Carboidratos

Os carboidratos, juntamente com as proteínas, são um dos principais componentes de todos os feijões secos (SATHE, 2002). O conteúdo de carboidratos para os feijões crus esteve entre 69,54 (DN) e 72,28 g.100 g⁻¹ (PER). Usando a água de maceração para o cozimento, a mínima concentração foi apresentada pela OB (68,18 g.100 g⁻¹) e a máxima concentração pela PER (70,78 g.100 g⁻¹). Quando se descartou a água de maceração a DN apresentou o menor teor (69,62 g.100 g⁻¹) e a OB a máxima concentração (71,66 g.100 g⁻¹). Quando os feijões foram cozidos sem maceração, a BRS apresentou a menor concentração (70,74 g.100 g⁻¹) e a DN a maior concentração (73,75 g.100 g⁻¹). Os resultados refletem uma diferente influência dos tipos de processamento no conteúdo de carboidratos que depende de cada cultivar.

Os conteúdos de carboidratos nas cultivares, tanto na forma crua quanto cozida, estão de acordo com os reportados por outros autores (SGARBIERI, 1989; SATHE, 2002).

3.7 Minerais

O feijão comum apresenta um conteúdo elevado de minerais essenciais e baixo teor de sódio (SGARBIERI, 1989). A concentração de ferro, zinco, cálcio, cobre e manganês nas cultivares estudadas é apresentada na Tabela 2.

No que se refere ao ferro, o teor nos feijões crus variou de 4,81 (BRS) a 9,16 mg.100 g⁻¹ (DN). Após todos os tipos de cozimento, a TL foi a de maior conteúdo de ferro e a BRS a de menor teor. O conteúdo elevado de ferro nas cultivares estudadas confirma o fato de que o feijão seja considerado uma boa fonte potencial de ferro, entretanto, sua importância qualitativa é menor, com uma absorção de apenas 10% (DE ANGELIS; CTENAS, 1993).

De todas as cultivares os feijões crus apresentaram um conteúdo de zinco que variou de 2,51 (TL) a 3,56 mg.100 g⁻¹ (OB). A OB também apresentou a maior concentração de zinco nas três formas de cozimento. A BRS apresentou a menor concentração em comparação às outras cultivares, quando os feijões foram cozidos após maceração, e a TL teve a menor concentração quando os feijões foram cozidos sem maceração.

Tanto nos feijões crus quanto nos feijões submetidos aos diferentes cozimentos, a cultivar BRS foi a que apresentou o menor teor de cálcio e de manganês e a cultivar TL foi a de maior concentração destes dois minerais. Nos feijões crus, o teor de cálcio variou de 108,56 a 178,64 mg.100 g⁻¹ e o teor de manganês de 1 a 2,63 mg.100 g⁻¹ para a BRS e TL, respectivamente.

Tabela 2. Concentração de minerais em base seca, para os cultivares de feijão.

Cultivar/ processamento	Umidade (g.100 g ⁻¹)	Ferro (g.100 g ⁻¹)	Zinco (g.100 g ⁻¹)	Cálcio (g.100 g ⁻¹)	Cobre (g.100 g ⁻¹)	Manganês (g.100 g ⁻¹)
1. OB						
CRU	10,74	6,07	3,56	115,04	0,74	2,01
CCAM	20,77	5,13	4,09	124,92	0,66	2,02
CSAM	12,79	5,03	4,36	123,68	0,70	2,29
CSM	12,36	5,41	4,31	127,84	0,70	2,01
2. DN						
CRU	10,69	9,16	3,32	163,25	0,92	1,51
CCAM	14,26	6,03	3,61	175,00	0,94	1,44
CSAM	10,58	5,93	3,55	166,49	0,90	1,52
CSM	20,52	6,58	4,00	162,06	0,90	1,60
3. BRS						
CRU	15,38	4,81	2,72	108,56	0,66	1,00
CCAM	22,89	4,87	3,03	104,83	0,63	1,02
CSAM	21,77	4,42	2,78	106,28	0,46	0,88
CSM	20,00	4,52	3,35	105,51	0,62	1,00
4. PER						
CRU	11,19	7,35	3,19	171,11	0,61	1,61
CCAM	13,59	5,17	3,15	133,22	0,59	1,55
CSAM	15,26	5,68	3,44	161,94	0,55	1,64
CSM	12,47	5,28	3,49	137,84	0,55	1,60
5. TL						
CRU	13,22	7,82	2,51	178,64	1,36	2,63
CCAM	14,14	8,18	3,17	194,79	1,41	2,76
CSAM	12,84	8,36	3,56	184,98	1,72	2,80
CSM	10,56	7,77	2,99	192,68	1,69	2,90

Média de três determinações. CRU: Feijão cru; CCAM: Feijão cozido com água de maceração; CSAM: Feijão cozido sem água de maceração; CSM: Feijão cozido sem maceração. OB: Feijão Ouro Branco; DN: Feijão Diamante Negro; BRS: Feijão BRS Radiante; PER: Feijão Pérola; e TL: Feijão Talismã.

PER e BRS apresentaram igual influência dos processamentos administrados no conteúdo de cálcio, e tiveram o menor teor quando foram cozidas com água de maceração e o máximo valor na forma crua. Nas outras três cultivares a influência dos processamentos administrados no conteúdo de cálcio dependeu de cada cultivar.

Dentre todas as cultivares, a TL foi a que apresentou a maior concentração de cobre tanto na forma crua quanto após os três tipos de cozimento. Enquanto a PER apresentou a menor concentração crua, cozida com água de maceração e cozida sem maceração e a BRS o mínimo teor quando foi cozida sem água de maceração. Nos feijões crus o teor de cobre esteve na faixa de 0,61 (PER) a 1,36 mg.100 g⁻¹ (TL).

Os teores de ferro, zinco, cálcio, manganês e cobre quantificados neste estudo são similares aos obtidos em outras pesquisas (AUGUSTIN et al., 1981; SGARBIERI, 1989; BARAMPAMA; SIMARD, 1995) com poucas variações, assim, o feijão DN apresentou um teor ligeiramente superior ao que se refere ao conteúdo de ferro na forma crua e o feijão TL em relação ao conteúdo de cobre após o cozimento e de manganês tanto cru quanto cozido.

Porém, deve-se destacar que a composição mineral dos alimentos de origem vegetal está influenciada e controlada pela fertilidade do solo, características genéticas da planta e do ambiente no qual cresce (MILLER, 1996), isto justificaria as

diferenças observadas entre o teor de minerais em diferentes estudos.

Avaliando o conteúdo de ferro, zinco, manganês e cobre dentro de cada cultivar, foi observado que os processamentos administrados influenciaram no teor destes minerais de diferentes formas, dependendo da cultivar. Isto também foi observado por Barampama; Simard (1995) que reportaram em relação aos feijões crus (*Phaseolus vulgaris*, cultivar Dore de Kirundo), uma diminuição no teor de alguns minerais (sódio, potássio, cálcio, magnésio, ferro e manganês) em feijões macerados, cozidos sem maceração e cozidos sem água de maceração, sendo que estes cozimentos não afetaram o conteúdo de zinco e cobre na mesma cultivar; apesar de que se considera que certas vitaminas e minerais nutricionalmente importantes podem também ser perdidos na água de molho, se esta é descartada (REYES-MORENO; PAREDES-LOPEZ, 1993).

3.8 Taninos

Na Tabela 3 são apresentados os teores de taninos expressos como mg de catequina/100 g de feijão. Verificou-se que a OB apresentou a menor concentração e a BRS a maior concentração, tanto nos feijões crus quanto naqueles após diferentes cozimentos. Quando todas as cultivares foram cozidas sem maceração, os teores estiveram na faixa de 10,73 a 37,11 mg catequina/100 g de feijão, sendo estes resultados inferiores aos mencionados por

Tabela 3. Teores de taninos em base seca, para os cultivares de feijão.

Cultivar/ processamento	Umidade (g.100 g ⁻¹)	Taninos (mg catequina/100 g feijão)
1. OB		
CRU	9,87	33,38
CCAM	17,39	8,69
CSAM	11,22	8,02
CSM	10,94	10,73
2. DN		
CRU	9,60	61,01
CCAM	12,29	18,61
CSAM	7,75	17,66
CSM	18,02	22,10
3. BRS		
CRU	12,01	182,60
CCAM	20,18	34,94
CSAM	18,90	33,24
CSM	17,47	37,11
4. PER		
CRU	11,36	102,45
CCAM	12,75	18,43
CSAM	14,41	16,92
CSM	12,07	20,07
5. TL		
CRU	13,97	94,60
CCAM	14,56	16,57
CSAM	11,75	15,74
CSM	10,58	17,65

Média de três determinações. CRU: Feijão cru; CCAM: Feijão cozido com água de maceração; CSAM: Feijão cozido sem água de maceração; CSM: Feijão cozido sem maceração. OB: Feijão Ouro Branco; DN: Feijão Diamante Negro; BRS: Feijão BRS Radiante; PER: Feijão Pérola; e TL: Feijão Talismã.

Welch et al. (2000), que reportaram valores entre 35 a 265 mg catequina/100 g de feijão avaliando 24 cultivares, porém são superiores aos teores encontrados por Pires (2002) nas cultivares OB, DN e PER (3,21; 15,65; 16,97 mg catequina/100 g de feijão, respectivamente). Nas cultivares coloridas cruas, o teor de taninos esteve na faixa de 61,01 (DN) a 182,60 (BRS) mg de equivalente catequina/100 g, sendo similar ao reportado por outros autores (DEHPANDE et al., 1982; VILLAVICENCIO et al., 2000).

Deshpande et al. (1982) verificaram que o conteúdo de taninos em feijões depende em grande parte da presença ou não do tegumento e de sua coloração, como também varia dependendo da espécie do feijão (CHIARADIA; GOMES, 1997). O conteúdo de taninos dos feijões pigmentados inteiros é maior que nos feijões descascados (DEHPANDE et al., 1982) e os feijões brancos possuem quantidades muito baixas (WELCH et al., 2000) enquanto que os vermelhos e os pretos têm níveis significativamente maiores, portanto, a maior concentração de polifenóis é encontrada em cascas de sementes coloridas, porém os feijões vermelhos apresentam maior concentração que os pretos (BRESSANI et al., 1981; BRESSANI et al., 1991).

Em todas as cultivares o cozimento promoveu acentuada redução no conteúdo de taninos; esta redução esteve na faixa de 64 a 83% em relação aos feijões crus, como é apresentado na Tabela 4.

Tabela 4. Redução nos teores de taninos em base seca, para os cultivares de feijão.

Cultivar	Feijão cru (mg catequina/100g feijão)	Redução após cozimento (%)		
		CCAM	CSAM	CSM
OB	33,38	74	76	68
DN	61,01	69	71	64
BRS	182,60	81	82	80
PER	102,45	82	83	80
TL	94,60	82	83	81

Média de três determinações. CRU: Feijão cru; CCAM: Feijão cozido com água de maceração; CSAM: Feijão cozido sem água de maceração; CSM: Feijão cozido sem maceração. OB: Feijão Ouro Branco; DN: Feijão Diamante Negro; BRS: Feijão BRS Radiante; PER: Feijão Pérola; e TL: Feijão Talismã.

O cozimento sem água de maceração promoveu uma redução ligeiramente superior à redução conseguida quando os feijões foram cozidos com água de maceração e cozidos sem maceração. Em pesquisa desenvolvida por Costa de Oliveira et al. (2001), o processamento doméstico da cultivar IAC-Carioca promoveu uma redução de 88% para feijões cozidos sem água de maceração, 87% para feijões cozidos com água de maceração e 84% para feijões cozidos sem maceração. Barampama e Simard (1994) obtiveram reduções de 84,64% (cozimento sem água de maceração) e 59,81% (cozimento sem maceração). Perdas aparentes de 61 a 98% após o cozimento também foram relatadas por Bressani et al. (1982) e perdas de 80 a 90% por Goycoolea et al. (1990). Tanto a maceração prévia quanto o cozimento têm um papel importante na redução deste fator antinutricional, pois durante o processamento os taninos podem migrar para a água de maceração e ao caldo de cocção (GOYCOOLEA et al., 1990), sendo possível que alguns taninos se difundam para o endosperma do cotilédone ligando-se às proteínas (REYES-MORENO; PAREDES-LÓPEZ, 1993).

Alguns autores coincidem em afirmar que a perda aparente de taninos induzida pela cocção se deve não a uma destruição química senão a mudanças na solubilidade e na reatividade das moléculas que dificultam sua extração (GOYCOOLEA et al., 1990). Após o cozimento, a maior concentração de taninos está no caldo de cozimento e menores teores na casca e cotilédones, observando-se uma relação inversa entre o tempo de cozimento e o conteúdo de taninos residuais no caldo, o que poderia estar associado, segundo os autores, à formação de complexos moleculares insolúveis entre taninos condensados e compostos afins que se depositam no caldo durante a cocção (proteínas, oligossacarídeos e lipídios) os quais não podem ser extraídos e quantificados mediante técnicas analíticas (GOYCOOLEA et al., 1990; BARAMPAMA; SIMARD, 1994). Uma diminuição no valor nutritivo dos feijões (PER) também foi verificada quando o caldo de cozimento foi adicionado para a obtenção das farinhas na elaboração das dietas de animais experimentais, sendo que a maceração prévia ao cozimento não influenciou nestes parâmetros (GOYCOOLEA et al., 1990).

Contudo, os resultados obtidos conferem aos processamentos utilizados eficácia na redução deste componente capaz de interferir no valor nutritivo desta leguminosa. Os taninos formam complexos com as proteínas, diminuindo a digestibilidade, inibindo o crescimento e aumentando a excreção de ni-

trogênio fecal em animais (COSTA DE OLIVEIRA et al., 2001). Os taninos também afetam a digestibilidade de carboidratos e a biodisponibilidade de minerais (KHOKHAR; CHAUHAN, 1986; COELHO; LAJOLO, 1993; CARBONARO et al., 1996).

3.9 Fitatos

Os teores de hexafosfato de inositol (IP6), pentafosfato de inositol (IP5), tetrafosfato de inositol (IP4) e trifosfato de inositol (IP3) ($\mu\text{mol.g}^{-1}$) para as cultivares submetidas a diferentes processamentos em base seca são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Teores de hexafosfato de inositol (IP6), pentafosfato de inositol (IP5), tetrafosfato de inositol (IP4), trifosfato de inositol (IP3) em base seca, para os cultivares de feijão.

Cultivar/ processamento	IP6 $\mu\text{mol.g}^{-1}$	IP5 $\mu\text{mol.g}^{-1}$	IP4 $\mu\text{mol.g}^{-1}$	IP3 $\mu\text{mol.g}^{-1}$	IP5 + IP6 $\mu\text{mol.g}^{-1}$
1. OB					
CRU	22,57	4,16	0,28	0,00	26,73
CCAM	16,37	7,07	1,96	0,26	23,44
CSAM	15,52	6,66	1,99	0,21	22,18
CSM	17,76	6,44	1,31	0,13	24,20
2. DN					
CRU	20,16	4,71	0,13	0,00	24,87
CCAM	14,22	8,03	1,98	0,39	22,25
CSAM	13,26	7,46	1,87	0,31	20,72
CSM	15,93	6,56	1,93	0,15	22,49
3. BRS					
CRU	22,35	2,82	0,00	0,00	25,17
CCAM	16,03	6,32	1,79	0,21	22,35
CSAM	15,06	5,90	1,65	0,19	20,96
CSM	18,23	4,48	1,44	0,16	22,71
4. PER					
CRU	18,29	2,66	0,00	0,00	20,96
CCAM	12,88	5,01	2,78	0,31	17,90
CSAM	12,00	4,76	2,54	0,30	16,77
CSM	14,98	4,16	1,34	0,13	19,14
5. TL					
CRU	21,03	3,07	0,00	0,00	24,10
CCAM	15,24	6,31	2,03	0,32	21,55
CSAM	14,38	5,97	1,94	0,32	20,35
CSM	17,31	4,63	1,46	0,12	21,94

Média de três determinações. CRU: Feijão cru; CCAM: Feijão cozido com água de maceração; CSAM: Feijão cozido sem água de maceração; CSM: Feijão cozido sem maceração. OB: Feijão Ouro Branco; DN: Feijão Diamante Negro; BRS: Feijão BRS Radiante; PER: Feijão Pérola; e TL: Feijão Talismã.

Em todas as cultivares cruas e em todas as cultivares após o cozimento, a PER apresentou o menor teor e a OB o maior teor, tanto de IP6 quanto de IP6 + IP5. Os teores de IP6 + IP5 são similares aos reportados por Welch et al. (2000) e House et al. (2002) para feijões cozidos sem maceração, porém são superiores aos citados por Villavicencio et al. (2000) para feijões cariocas crus e cozidos com água de maceração, e aos reportados por Lombardi-Boccia et al. (1998) para feijões brancos crus e cozidos com água de maceração.

Observa-se que após o cozimento aconteceu uma redução de IP6 e um aumento dos outros inositol fosfatos (IP5, IP4, IP3), como é mostrado na Tabela 6. A maior redução de IP6 para todas as cultivares foi obtida quando os feijões foram cozidos sem água de maceração e a menor redução quando foram cozidos sem maceração, mas tanto nas cultivares cruas quanto cozidas o IP6 representou a maior porcentagem dos inositol fosfatos, sendo de 81 a 89% nas cultivares cruas e de 58 a 75% nas cultivares cozidas, concordando com o reportado por outros pesquisadores (LOMBARDI-BOCCIA et al., 1998; VILLAVICENCIO et al., 2000). Este aumento de IP5 após o cozimento fez com que a redução máxima de IP5+IP6 fosse somente de 20%, enquanto a máxima redução de IP6 foi de 34% nas cultivares cozidas sem água de maceração.

IP6 e IP5 reduzem a biodisponibilidade de zinco e ferro enquanto IP4 e IP3 não apresentam esta característica (LOMBARDI-BOCCIA et al., 1998). O grau de ação inibitória dos inositol fosfatos na absorção mineral depende do grau de fosforilação (LÖNNERDAL et al., 1989; BRUNE et al., 1992; HAN et al., 1994). Deste modo, a determinação só de IP6 não permite uma informação completa da inibição de zinco e ferro, e conseqüentemente, a quantificação dos inositol fosfatos é de importância nutricional (LOMBARDI-BOCCIA et al., 1998).

A diminuição observada no conteúdo de fitatos durante a maceração pode ser atribuída a uma lixiviação dos íons fitatos na água sob a influência de um gradiente de concentração que provoca a difusão deste nutriente para a água de maceração (KHOKHAR; CHAUHAN, 1986; COSTA DE OLIVEIRA et al., 2001). Porém estas perdas também podem ser devido a mudanças na permeabilidade da membrana externa dos grãos (KHOKHAR; CHAUHAN, 1986). A absorção de água em sementes pode também ativar a fosfatase intrínseca, resultando na hidrólise e aumentando a perda de ácido fítico (KHOKHAR; CHAUHAN, 1986; PLAAMI, 1997). A redução deste fator antinutricional é de grande importância, uma vez que altos níveis de ingestão de fitatos podem estar associados a efeitos

Tabela 6. Redução nos teores de IP6 e IP5+IP6 em base seca, para os cultivares de feijão.

Cultivar	CRU $\mu\text{mol.g}^{-1}$	IP6			CRU $\mu\text{mol.g}^{-1}$	IP5 + IP6		
		Redução após o cozimento (%)				Redução após o cozimento (%)		
		CCAM	CSAM	CSM		CCAM	CSAM	CSM
OB	22,57	27,47	31,24	21,31	26,73	12,31	17,02	9,47
DN	20,16	29,46	34,23	21,00	24,87	10,53	16,67	9,57
BRS	22,35	28,28	32,61	18,43	25,17	11,20	16,73	9,77
PER	18,29	29,58	34,39	18,10	20,96	14,60	20,00	8,68
TL	21,03	27,53	31,62	17,69	24,10	10,58	15,56	8,96

Média de três determinações. CRU: Feijão cru; CCAM: Feijão cozido com água de maceração; CSAM: Feijão cozido sem água de maceração; CSM: Feijão cozido sem maceração. OB: Feijão Ouro Branco; DN: Feijão Diamante Negro; BRS: Feijão BRS Radiante; PER: Feijão Pérola; e TL: Feijão Talismã.

nutricionais adversos ao homem (KHOKHAR; CHAUHAN, 1986), como redução da biodisponibilidade mineral e inibição de enzimas proteolíticas e amilolíticas (HARLAND; NARULA, 1999; MARTINEZ-DOMINGUEZ et al., 2002).

Fibra

Os teores de fibra alimentar total (FAT), fibra alimentar insolúvel (FAI) e fibra alimentar solúvel (FAS) nos feijões crus e cozidos com água de maceração nas cinco cultivares estudadas encontram-se na Tabela 7.

Observa-se que com relação à FAT, a OB apresentou a menor concentração e a DN apresentou a maior concentração tanto nos feijões crus quanto nos feijões após o cozimento. Observou-se um incremento na FAT nas cultivares cozidas em relação às cultivares cruas. Este aumento foi de 8% na OB, 10% em DN, BRS e PER e de 11% na TL.

A DN apresentou a maior concentração de FAI e a BRS a menor, tanto nas suas formas cruas quanto cozidas. Todas as cultivares apresentaram aumento no teor de FAI quando foram cozidas, em comparação às cultivares cruas, sendo este aumento de 16, 19, 20, 22 e 25% em OB, PER, DN, TL e BRS, respectivamente. Ao contrário das duas fibras anteriores, o teor da FAS diminuiu em todas as cultivares após o cozimento. Esta diminuição foi de 25% (DN), 28% (BRS), 30% (TL), 31% (PER) e 37% (OB). A OB apresentou o menor teor e a BRS a maior concentração de FAS tanto nos feijões crus quanto cozidos.

Os teores de FAT, FAI e FAS obtidos neste estudo são similares aos reportados por Perez-Hidalgo et al. (1997) para feijões crus e ligeiramente superiores aos reportados por Alfonzo (2000) para feijões cozidos. O aumento no teor de FAT e FAI e a diminuição de FAS após cozimento também foram observados em outras pesquisas (VIDAL-VALVERDE; FRIAS, 1991;

VIDAL-VALVERDE et al., 1993; PEREZ-HIDALGO et al., 1997; ALFONZO, 2000). No entanto, Costa et al. (2006) reportaram aumento na FAI e FAS em feijões Carioca, já Kutos et al. (2003) reportaram uma pequena diminuição na FAT e FAI e um aumento na FAS em feijões Pinto.

As bases químicas para as alterações no conteúdo da fibra alimentar nos alimentos durante o cozimento permanecem ainda incertas (PEREZ-HIDALGO et al., 1997). Tem sido proposto que a formação de amido resistente e produtos das reações de Maillard junto com produtos da complexação de proteínas com outros componentes como ligninas, cutinas, polissacarídeos e taninos possam contribuir com o aumento da FAT (MARQUES MENDEZ et al., 1993; CARNOVALE; LINTAS, 1995; PEREZ-HIDALGO et al., 1997). Todos estes complexos se caracterizam por ser insolúveis e indigeríveis e são quantificados como parte da fibra insolúvel (MARQUES MENDEZ et al., 1993). O aumento nos valores de amido resistente seria principalmente devido à retrogradação de amilose (PEREZ-HIDALGO et al., 1997; RATNAYAKE et al., 2001; THARANATHAN; MAHADEVAMMA, 2003) e o amido das leguminosas tem alto conteúdo de amilose comparado com o amido de outros alimentos (PEREZ-HIDALGO et al., 1997).

A determinação de nitrogênio protéico nos resíduos da FAI sugere a interação das proteínas e aminoácidos com os componentes da fração fibra insolúvel e dos complexos tanino-proteína formados durante o cozimento (MARQUES MENDEZ et al., 1993; PEREZ-HIDALGO et al., 1997).

Quanto à FAS, o tratamento térmico (cozimento) melhora a solubilidade das substâncias pécticas (PEREZ-HIDALGO et al., 1997). A molécula de protopectina apresenta uma estrutura tridimensional formada por cadeias de poligacturonatos ligadas a grupos carboxílicos livres com cadeias de celulose e minerais bivalentes, como o cálcio. Esta estrutura confere à molécula uma solubilidade mínima (DERIVI et al., 1988). O tratamento térmico provoca despolimerização nas cadeias de poligacturonatos, aumentando sua solubilidade e reduzindo seu conteúdo (DERIVI et al., 1988; VIDAL-VALVERDE; FRIAS, 1991; PEREZ-HIDALGO et al., 1997).

Nas 5 cultivares estudadas, prevaleceu o componente insolúvel da fibra, que representou de 72 a 91% da FAT (Tabela 7), resultados consistentes com os reportados na literatura (BEDNAR et al., 2001; ALFONZO, 2000).

Aminoácidos e PDCAAS

A Tabela 8 apresenta a composição aminoacídica das cultivares de feijões cozidos com água de maceração, observando-se que as cultivares são caracterizadas pelo baixo conteúdo de metionina e alto conteúdo de aminoácidos aromáticos (fenilalanina e tirosina), leucina, lisina, ácido aspártico e ácido glutâmico, o que concorda com a literatura (CHANG; SATTERLEE, 1981; SGARBIERI; WHITAKER, 1982).

Porém, um dos maiores problemas dos feijões é representado pelo baixo valor nutricional de suas proteínas, decorrente, por um lado, da sua baixa digestibilidade, e dos reduzidos teores e biodisponibilidade de aminoácidos sulfurados, metionina e

Tabela 7. Teores de umidade, fibra alimentar total (FAT), fibra alimentar insolúvel (FAI) e fibra alimentar solúvel (FAS) em base seca, para os cultivares de feijão.

Cultivar/ processamento	Umidade (g.100 g ⁻¹)	FAT (g.100 g ⁻¹)	FAI (g.100 g ⁻¹)	FAS (g.100 g ⁻¹)
1. OB				
CRU	10,62	21,60	18,31	3,29
CCAM	4,57	23,40	21,32	2,08
2. DN				
CRU	10,28	26,07	20,40	5,67
CCAM	6,33	28,69	24,45	4,24
3. BRS				
CRU	11,05	22,90	16,61	6,29
CCAM	5,55	25,22	20,68	4,54
4. PER				
CRU	11,08	23,72	19,36	4,36
CCAM	4,29	26,09	23,09	3,00
5. TL				
CRU	11,40	24,40	19,18	5,22
CCAM	6,21	27,03	23,36	3,67

Média de duas determinações. CRU: Feijão cru; CCAM: Feijão cozido com água de maceração OB: Feijão Ouro Branco; DN: Feijão Diamante Negro; BRS: Feijão BRS Radiante; PER: Feijão Pérola; e TL: Feijão Talismã.

Tabela 8. Composição aminoacídica para os cultivares de feijão cozidos com água de maceração, em base úmida.

Aminoácidos	Cultivares de feijão				
	OB	DN	BRS	PER	TL
	g aminoácidos/100 g amostra				
Essenciais					
Fenilalanina + tirosina	1,19	1,57	1,42	1,36	1,62
Histidina	0,39	0,36	0,37	0,42	0,44
Isoleucina	0,43	0,55	0,56	0,48	0,62
Leucina	0,84	1,15	1,16	1,00	1,20
Lisina	0,67	0,97	1,05	0,79	0,94
Metionina	0,20	0,24	0,22	0,20	0,27
Cisteína	nd	nd	nd	nd	nd
Treonina	0,48	0,59	0,51	0,50	0,53
Triptofano	nd	nd	nd	nd	nd
Valina	0,56	0,64	0,64	0,59	0,72
Não essenciais					
Alanina	0,61	0,67	0,64	0,63	0,69
Arginina	0,80	0,79	0,70	0,92	0,93
Ácido aspártico	1,70	1,75	1,66	1,61	1,78
Ácido glutâmico	2,15	2,12	1,99	1,96	2,26
Glicina	0,49	0,51	0,47	0,49	0,51
Prolina	0,62	0,65	0,63	0,73	0,72
Serina	0,76	0,84	0,74	0,76	0,82

Média de três determinações. nd: não determinado (destruído no processo de hidrólise). OB: Feijão Ouro Branco; DN: Feijão Diamante Negro; BRS: Feijão BRS Radiante; PER: Feijão Pérola; e TL: Feijão Talismã.

cisteína (BODWELL et al., 1980; HUGHES, 1991; NIELSEN, 1991; BRESSANI, 1993), além de triptofano, valina e treonina em ordem decrescente (BLANCO; BRESSANI, 1991). No presente estudo, não foi determinado o teor de triptofano, por ser destruído durante o processo de hidrólise, e a cisteína pela instabilidade do PTC-cisteína durante a determinação, o que impede a quantificação correta.

Os feijões contêm elevado conteúdo de lisina, sendo complemento protéico excelente para os cereais, como o arroz, que são pobres em lisina, porém com adequado teor de aminoácidos sulfurados (SGARBIERI; WHITAKER, 1982; BRESSANI, 1989).

A Tabela 9 apresenta os valores de escore químico e PDCAAS nas cultivares de feijões cozidos com água de maceração. Os resultados do escore químico demonstram que na OB a metionina e a lisina foram os aminoácidos limitantes, sendo que a metionina foi o primeiro aminoácido limitante, por ter um escore químico menor. O processamento doméstico pode ter influenciado na biodisponibilidade de lisina, considerando que todas as cultivares foram cozidas pelo mesmo tempo e a OB apresentou o maior grau de amolecimento. O cozimento melhora a digestibilidade de proteínas, porém quando prolongado pode reduzir sua qualidade nutricional por redução da biodisponibilidade de aminoácidos como a lisina e sulfurados (BRESSANI, 1989; BLANCO; BRESSANI, 1991; BARAMPAMA; SIMARD, 1995). Com base nos escores químicos a OB foi a fonte protéica de mais baixa qualidade, em razão do maior número de aminoácidos limitantes, sendo que nas outras cultivares a metionina foi o único aminoácido limitante. A metionina é considerada um aminoácido limitante do valor biológico das proteínas do

feijão, por ser nutricionalmente essencial para o organismo humano. Apesar de a cisteína e a cistina não serem aminoácidos essenciais, elas têm a metionina como um intermediário na sua biossíntese, tornando assim esse aminoácido ainda mais limitante (SGARBIERI; WHITAKER, 1982).

Os valores de digestibilidade verdadeira determinados por Lujan (2004) nas mesmas cultivares estudadas cozidas sem maceração e em ensaio biológico paralelo ao presente estudo indicaram a menor digestibilidade para a PER (78,70%) e a maior para a OB (84,88%) (Tabela 9). A medida da digestibilidade sugere o quanto das proteínas é hidrolisado pelas enzimas digestivas e absorvido pelo organismo, constituindo o primeiro fator que afeta a eficiência da utilização protéica da dieta (MONTEIRO et al., 2004). Quando certas ligações peptídicas não são hidrolisadas no processo digestivo, parte da proteína é excretada nas fezes ou metabolizada pelos microrganismos do intestino grosso (STIPANUK, 2000).

Os valores de PDCAAS estiveram na faixa de 50,37 (PER) a 61,48% (TL). Sendo, portanto, a TL a cultivar que apresentou a melhor qualidade protéica por ter 61,48% de adequação em relação ao padrão da FAO. Porém, nenhuma das cultivares teve um PDCAAS igual ou superior a 1 (100%), o que caracteriza uma proteína como de boa qualidade (HENLEY; KUSTER, 1994). No entanto, os valores de PDCAAS encontrados no presente estudo podem estar subestimados em virtude de que foi quantificada somente a metionina, e o padrão da FAO considera o valor de 25 mg.g⁻¹ proteína para Metionina + Cisteína.

Alguns teores de aminoácidos (histidina e valina) foram similares aos encontrados por Chang e Satterlee (1981), Blanco

Tabela 9. Valores de PDCAAs nos cultivares de feijão cozidos com água de maceração.

I Aminoácidos essenciais	II mg aminoácidos/g proteína					III Padrão FAO/ WHO 2-5 anos mg.g ⁻¹ proteína	IV Escore químico de aminoácidos					V PDCAAS (%)				
	OB	DN	BRS	PER	TL		OB	DN	BRS	PER	TL	OB	DN	BRS	PER	TL
Fenilalanina + tirosina	100,00	117,08	111,11	109,41	115,30	63	1,59	1,86	1,76	1,74	1,83	-	-	-	-	-
Histidina	32,77	26,85	28,95	33,79	31,32	19	1,72	1,41	1,52	1,78	1,65	-	-	-	-	-
Isoleucina	36,13	41,01	43,82	38,62	44,13	28	1,29	1,46	1,57	1,38	1,58	-	-	-	-	-
Leucina	70,59	85,76	90,77	80,45	85,41	66	1,07	1,30	1,38	1,22	1,29	-	-	-	-	-
Lisina	56,30	72,33	82,16	63,56	66,90	58	0,97	1,25	1,42	1,10	1,15	-	-	-	-	-
Metionina*	16,81	17,90	17,21	16,09	19,22	25	0,67*	0,72*	0,69*	0,64*	0,77*	56,87	58,97	55,63	50,37	61,48
Treonina	40,34	44,00	39,91	40,23	37,72	34	1,19	1,29	1,17	1,18	1,11	-	-	-	-	-
Triptofano	nd	nd	nd	nd	nd	11	nd	nd	nd	nd	nd	-	-	-	-	-
Valina	47,06	47,73	50,08	47,47	51,25	35	1,34	1,36	1,43	1,36	1,46	-	-	-	-	-
Digestibilidade verdadeira (%)	-	-	-	-	-	-	84,88	81,90	80,62	78,70	79,84	-	-	-	-	-

OB: Feijão Ouro Branco; DN: Feijão Diamante Negro; BRS: Feijão BRS Radiante; PER: Feijão Pérola; TL: Feijão Talismã; nd: não determinado (destruído no processo de hidrólise). Escore químico de aminoácidos = Coluna II/Coluna III; * aminoácido limitante (<1,0); PDCAAS = 1° aminoácido limitante (coluna IV) x Digestibilidade verdadeira do experimento com ratos; e Digestibilidade verdadeira (Fonte: LUJAN, 2004).

e Bressani (1991), Barampama e Simard (1995) e Pires (2005). Porém outros teores de aminoácidos foram superiores (isoleucina, fenilalanina e tirosina) e outros foram inferiores (lisina, metionina, treonina e leucina) aos teores reportados pelos mesmos autores, o que provocaria também diferenças nos valores de PDCAAS. O valor de PDCAAS encontrado para a PER cozida com água de maceração foi inferior ao determinado por PIRES (2005) para esta mesma cultivar cozida sem maceração. Processamentos diferentes podem ser a causa destas diferenças.

O PDCAAS é considerado como o método mais apropriado para avaliar a qualidade das proteínas, além de mais exato que os ensaios biológicos, porque se baseia em requerimentos humanos, considerando o perfil aminoácídico da proteína testada, a digestibilidade e a capacidade para fornecer os aminoácidos em suficiente quantidade (MENZA-WILMOT et al., 2001).

Numerosas teorias têm sido propostas para explicar por que as proteínas dos feijões secos têm menor valor nutricional quando comparadas com as proteínas animais. Tem-se sugerido, entre outras causas, a deficiência de aminoácidos sulfurados (especialmente metionina), e a presença de fibras e de fatores antinutricionais como fitatos e taninos. Esses fatores antinutricionais interagem com as proteínas, formando complexos insolúveis ou diminuindo a susceptibilidade à proteólise (ASQUITH; BUTLER, 1986; HUGGES, 1996; RICKARD; THOMPSON, 1997; SATHE, 2002).

As cultivares estudadas apresentaram diferentes teores de taninos, fitatos e fibras, que em conjunto estariam determinando a diferença na qualidade protéica determinada através do PDCAAS.

4 Conclusões

Os dados referentes aos feijões após o processamento (com ou sem maceração e cozimento) são mais relevantes que a caracterização do alimento cru, por ser um alimento consumido habitualmente cozido.

Os efeitos observados na composição centesimal variaram com as cultivares de feijão comum e com os processamentos aplicados, assim generalizações não devem ser feitas para todos os tipos de feijão e áreas geográficas.

Embora o feijão comum tenha apresentado um conteúdo elevado dos minerais estudados (ferro, zinco, cálcio, cobre e manganês), a presença de fatores antinutricionais exige estudos subsequentes da biodisponibilidade mineral.

Em todas as cultivares o cozimento promoveu acentuada redução no conteúdo de taninos. O cozimento sem água de maceração promoveu uma redução ligeiramente superior à redução conseguida quando os feijões foram cozidos com água de maceração e cozidos sem maceração.

A maior redução de IP6 para todas as cultivares foi obtida quando os feijões foram cozidos sem água de maceração, e a menor redução quando foram cozidos sem maceração.

Em todas as cultivares o cozimento com água de maceração provocou um aumento no teor de FAT em relação às cultivares cruas, influenciado pelo aumento no teor de sua fração insolúvel, sendo que o conteúdo da FAS diminuiu.

Com base nos escores químicos, nas condições empregadas neste trabalho, o feijão OB foi a fonte protéica de mais baixa qualidade, em razão do maior número de aminoácidos limitantes (metionina e lisina), sendo que nas outras cultivares a metionina foi o único aminoácido limitante. De acordo com os valores de PDCAAS, a TL foi a cultivar que apresentou a melhor qualidade protéica por ter 61,48% de adequação em relação ao padrão da FAO.

O feijão comum apresenta componentes e características que tornam seu consumo vantajoso do ponto de vista nutricional. Os grãos de leguminosas constituem, na dieta humana, uma importante fonte de proteína para grupos de baixa renda no mundo inteiro, substituindo em muitos casos a proteína animal de alto custo, o que sugere a necessidade de mais estudos sobre a qualidade nutricional em feijões, assim como os efeitos dos

fatores antinutricionais e os efeitos funcionais deste alimento na dieta humana.

Agradecimentos

Pelo apoio financeiro para a execução desta pesquisa ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). À EMBRAPA – Arroz e Feijão, localizada em Santo Antônio de Goiás, em especial à Dra. Priscila Zaczuck Bassinello.

Ao Centro de Biologia Molecular no Federal Research Centre for Nutrition and Food (Alemanha), em especial ao Dr. Ralf Greiner, pela determinação de fitatos. Ao Centro Interdepartamental de Química de Proteínas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (Universidade de São Paulo), em especial ao Dr. José César Rosa, pela análise de aminoácidos.

Referências bibliográficas

- ALFONZO, G. G. C. Efecto del tratamiento térmico sobre el contenido de fibra dietética total, soluble e insoluble en algunas leguminosas. **Arch. Latinoam. Nutr.**, Venezuela, v. 50, n. 3, p. 281-285, 2000.
- ASQUITH, T. N.; BUTLER, L. G. Interactions of condensed tannins with selected proteins. **Phytochem.**, United Kingdom, v. 25, n. 7, p. 1591-1593, 1986.
- AOAC. Association Of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 14. ed. Washington, DC: AOAC International, 1984. 1141 p.
- _____. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 15. ed. Washington, D.C: AOAC International, 1990, p. 800-801; 1105-1106.
- AUGUSTIN, J.; BECK, C. B.; KALBFLEISH, G. Variation in the vitamin and mineral content of raw and cooked commercial *Phaseolus vulgaris* Classes. **J Food Sci.**, USA, v. 46, n. 6, p. 1701-1706, 1981.
- BARAMPAMA, Z.; SIMARD, R. E. Effects of soaking, cooking and fermentation on composition, in-vitro starch digestibility and nutritive value of common beans. **Plant Foods for Human Nutrition.**, Alemanha, v. 48, n. 4, p. 349-365, 1995.
- _____. Oligosaccharides, antinutritional factors, and protein digestibility of dry beans as affected by processing. **J Food Sci.**, USA, v. 59, n. 4, p. 833-838, 1994.
- BEAL, L.; MEHTA, T. Zinc and phytate distribution in peas. Influence of heat treatment, germination, pH, substrate, and phosphorus on pea phytate and phytase. **J. Food Sci.**, USA, v. 50, n. 1, p. 96-100, 1985.
- BEDNAR, G. I. et al. Starch and fiber fractions in selected food and feed ingredients affect their small intestinal digestibility and fermentability and their large bowel fermentability in vitro in a canine model. **J. Nutr.**, USA, v. 131, n. 2, p. 276-286, 2001.
- BERRIOS, J. D. J.; SWANSON, B. G.; CHEONG, W. A. Physico-chemical characterization of stored black beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Food Res. Int.**, Canadá, v. 32, n. 10, p. 669-676, 1999.
- BIDLINGMEYER, B. A.; COHEN, S. A.; TARVIN, T. L. Rapid analysis of aminoacids using pre-column derivatization. **J. Cromatogr.**, Amsterdam, v. 336, n. 1, p. 93-104, 1984.
- BLANCO, A.; BRESSANI, R. Biodisponibilidad de aminoácidos en el frijol (*Phaseolus vulgaris*). **Arch. Latinoam. Nutr.**, Venezuela, v. 41, n. 1, p. 38-51, 1991.
- BODWELL, C. E.; SATTERLEE, L. D.; HACKLER, L. R. Protein digestibility of the same protein preparations by human and rat assays and by in vitro enzymic digestion methods. **Am. J. Clin. Nutr.**, USA, v. 33, n. 3, p. 677-686, 1980.
- BRESSANI, R. Grain quality of common beans. **Food Rev. Int.**, Inglaterra, v. 9, p. 237-297, 1993.
- _____. Revisión sobre la calidad del grano de frijol. **Arch. Latinoam. Nutr.**, Venezuela, v. XXXIX, n. 3, p. 419-442, 1989.
- BRESSANI, R.; ELIAS, L. G.; BRAHAM, J. E. Reduction of digestibility of legume proteins by tannins. **J. Plant Foods.**, London, v. 4, n. 1, p. 43-55, 1982.
- BRESSANI, R.; ELÍAS, L. G.; ESPAÑA, M. E. Posibles relaciones entre medidas físicas, químicas y nutricionales en frijol comum (*Phaseolus vulgaris*). **Arch. Latinoam. Nutr.**, Venezuela, v. XXXI, n. 3, p. 551-570, 1981.
- BRESSANI, R. et al. Evaluación de dos métodos para establecer el contenido de polifenoles en frijol crudo y cocido, y efecto que estos provocan en la digestibilidad de la proteína. **Arch. Latinoam. Nutr.**, Venezuela, v. XLI, n. 4, p. 570-583, 1991.
- BRUNE, M. et al. Iron absorption from bread in humans: inhibition effects of cereal fiber, phytate and inositol phosphates with different numbers of phosphate groups. **J. Nutr.**, USA, v. 122, n. 3, p. 442-449, 1992.
- CARBONARO, M.; VIRGILI, F.; CARNOVALE, E. Evidence for protein-tannin interaction in legumes: implications in the antioxidant properties of Faba bean tannins. **Lebens-Wiss. U-Technol.**, United Kingdom, v. 29, n. 8, p. 743-750, 1996.
- CARNOVALE, E.; LINTAS, C. Dietary fibre: effect of processing an nutrient interactions. **Eur. J. Clin. Nutr.**, United Kingdom, v. 53, p. 307-311, 1995.
- CHANG, K. C.; SATTERLEE, L. D. Isolation and characterization of the major protein from Great Northern beans (*Phaseolus vulgaris*). **J. Food Sci.**, USA, v. 46, n. 4, p. 1368-1373, 1981.
- CHIARADIA, A.C.N.; GOMES, J.C. **Feijão: Química, Nutrição e Tecnologia**. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes, 1997. 180 p.
- COELHO, J. V.; LAJOLO, F. M. Evolução dos fenólicos totais e taninos condensados (proantocianidinas) durante o desenvolvimento das sementes do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Arch. Latinoam. Nutr.**, Venezuela, v. 43, n. 1, p. 61-65, 1993.
- COELHO, R. C. Considerações sobre as proteínas do feijão. **Rev. Nutr.**, Campinas, v. 4, n. 1, p. 122-145, 1991.
- COSTA DE OLIVEIRA, A. et al. 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, estaquiose e verbascose. **Arch. Latinoam. Nutr.**, Venezuela, v. 51, n. 3, p. 276-283, 2001.
- COSTA, G. E. A. et al. Chemical composition, dietary fibre and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and lentil legumes. **Food Chem.**, United Kingdom, v. 94, n. 3, p. 327-330, 2006.
- DAMODARAN S. Food proteins: an overview. In: DAMODARAN, S.; PARAF, A. (Ed.). **Food proteins and their applications**. New York: Marcel Dekker, Inc. 1997. 250 p.
- DE ANGELIS, R. C.; CTENAS, M. L. B. **Biodisponibilidade de ferro na alimentação infantil**. São Paulo: Serviço de Informação Científica Nestlé. (Temas de Pediatria, 52), 1993. 53 p.
- DE-LEON, L.; ELIAS, L. G.; BRESSANI, R. Effect of salt solutions on the cooking time, nutritional and sensory characteristic of common beans. **Food Res. Int.**, Canadá, v. 25, n. 2, p. 131-136, 1992.

- DELLA, G.; QUILLIEN, L.; GUEGUEN, J. Relationships between processing conditions and starch and protein modifications during extrusion-cooking of pea flour. **J Sci Food Agric.**, United Kingdom, v. 64, n. 4, p. 509-517, 1994.
- DERIVI, S. C. N. et al. A fração “fibra da dieta” em alimentos crus e processados. **Arch Latinoamer Nutr.**, Venezuela, v. 38, n. 4, p. 965-978, 1988.
- DESHPANDE, S. S. et al. Effects of Dehulling on Phytic Acid, Polyphenols and enzyme inhibitors of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **J. Food Sci.**, USA, v. 47, n. 6, p. 1846-1850, 1982.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Energy and protein requirements.** Geneva, 1985. 724 p.
- _____. **Protein quality evaluation.** Rome, 1991. 66 p. (FAO Food and Nutrition Paper, 51).
- GOMES, J. C. **Análise de Alimentos.** Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Tecnologia de Alimentos. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes, 1996. 126 p.
- GOYCOOLEA, F. et al. Efecto de los tratamientos caseros en la preparación de frijol pinto (*Phaseolus vulgaris* L.) sobre el contenido de taninos y valor nutritivo de las proteínas. **Arch. Latinoam. Nutr.**, Venezuela, v. XL, n. 2, p. 263-274, 1990.
- HAN, O. et al. Inositol phosphates inhibit uptake and trans-*port* of iron and zinc by human intestinal cell line. **J. Nutr.**, USA, v. 124, n. 4, p. 580-587, 1994.
- HARLAND, B. F.; NARULA, G. Foods phytate and its hydrolysis products. **Nutr. Res.**, USA, v. 19, n. 6, p. 947-961, 1999.
- HENLEY, E. C.; KUSTER, J. M. Protein quality evaluation by protein digestibility corrected amino acid scoring. **Food Technol.**, USA, v. 48, p. 74-77, 1994.
- HOUSE, W. A. et al. Potential for increasing the amounts of bioavailable zinc in dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) through plant breeding. **J. Sci. Food Agric.**, United Kingdom, v. 82, p. 1452-1457, 2002.
- HUGHES, J. S. Potential contribution of dry bean dietary fiber to health. **Food Technol.**, USA, v. 45, n. 9, p. 122-126, 1991.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas.** 3. ed. São Paulo: O Instituto, 1985. v. 1, 533 p.
- _____. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos.** 4.ed. São Paulo: Editora do IAL 1985. v. 1, 371 p.
- JOOD, S.; MEHTA, U.; SINGH, R. Effect of processing on available carbohydrates in legumes. **J. Agric. Food Chem.**, USA, v. 34, n. 3, p. 417-420, 1986.
- KHOKHAR, S.; CHAUHAN, B. M. Antinutritional factors in Moth Bean (*Vigna aconitifolia*): Varietal differences and effects of methods of domestic processing and cooking. **J Food Sci.**, USA, v. 51, n. 3, p. 591-594, 1986.
- KUTOS, T. et al. Dietary fibre content of dry and processed beans. **Food Chem.**, United Kingdom, v. 80, n. 2, p. 231-235, 2003.
- LOMBARDI-BOCCIA, G. et al. The inhibitory effect of albumin extracts from white beans (*Phaseolus vulgaris*, L.) on in vitro iron and zinc dialysability: role of phytic acid. **Food Chem.**, United Kingdom, v. 63, n. 1, p. 1-7, 1998.
- LÖNNERDAL, B. et al. Inhibitory effects of phytic acid and other inositol phosphates on zinc and calcium absorption in suckling rats. **J. Nutr.**, USA, v. 119, n. 2, p. 211-214, 1989.
- LUJAN, D. L. B. **Variedades de feijão e seus efeitos na qualidade protéica, na glicemia e nos lipídios sanguíneos em ratos.** Viçosa, 2004. 108 p. Tese (Mestrado em Ciência da Nutrição) - Universidade Federal de Viçosa, 2004.
- MARQUES MÉNDEZ, M.H et al. Insoluble dietary fiber of grain food legumes and protein digestibility. **Arch. Latinoam. Nutr.**, Venezuela, v. 43, n.1, p. 66-72, 1993.
- MARTINEZ-DOMINGUEZ, B.; IBAÑEZ, M. B.; RINCÓN, F. Acido fítico: aspectos nutricionales e implicaciones analíticas. **Arch. Latinoam. Nutr.**, Venezuela, v. 52, n. 3, p. 219-231, 2002.
- MARTINEZ-VALVERDE, I.; PERIAGO, M. J.; ROS, G. Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. **Arch. Latinoam. Nutr.**, Venezuela, v. 50, n. 1, p. 5-18, 2000.
- MENSA-WILMOT, Y.; PHILLIPS, R. D.; HARGROVE, J. L. Protein quality evaluation of cowpea-based extrusion cooked cereal/legume weaning mixtures. **Nutr. Res.**, USA, v. 21, n. 6, p. 849-857, 2001.
- MILLER, D.D. Minerals. In: FENNEMA, O. R. **Food Chem.**, 3.ed. New York: Marcel Dekker, Inc. 1996. p. 641-645.
- MONTEIRO, M. R. P. et al. Qualidade protéica de linhagens de soja com ausência do Inibidor de Tripsina Kunitz e das isoenzimas Lipoxigenases. **Rev. Nutr.**, Campinas, v. 17, n. 2, p. 195-205, 2004.
- NIELSEN, S. S. Digestibility of legume proteins. **Food Technol.**, USA, v. 45, n. 6, p. 112-114, 1991.
- PEREZ-HIDALGO, M.A.; GERRA-HERNANDEZ, E.; BARCÁ-VILLANOVA, B. Dietary fiber in three raw legumes and processing effect on Chick Peas by an enzymatic-gravimetric method. **J. Food Composition and Analysis.**, Suíça, v. 10, n. 1, p. 66-72, 1997.
- PIRES, C. V. **Caracterização bromatológica e digestibilidade in vitro de proteínas de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.).** Viçosa, 2002. 68 p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) - Universidade Federal de Viçosa, 2002.
- _____. **Otimização de técnicas de determinação da digestibilidade in vitro para a substituição da digestibilidade in vivo no cálculo do escore químico corrigido pela digestibilidade protéica – PDCAAS.** Viçosa, 2005. 70 p. Tese (Doutorado em Bioquímica Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, 2005.
- PLAAMI, S. Myoinositol Phosphates: analysis, content in foods and effects in nutrition. **Lebensm.-Wiss. u.-Technol.**, United Kingdom, v. 30, p. 633-647, 1997.
- PRICE, M. L.; VAN SCOYOC, S.; BUTLER, L. G. A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain. **J. Agric. Food Chem.**, USA, v. 26, n. 5, p. 1214-1218, 1978.
- PROSKY, L. et al. Determination of insoluble, soluble, and total dietary fiber in foods and food products. Interlaboratory study. **J. Assoc. Off. Anal. Chem.**, USA, v. 71, n. 5, p. 1017-1023, 1988.
- RATNAYAKE, W. S. et al. Composition, molecular structure, and physicochemical properties of starches from four field peas (*Pisum sativum*) L. cultivars. **Food Chem.**, United Kingdom, v. 74, n. 2, p. 189-202, 2001.
- REHMAN, Z.; SALARIYA, A. M.; ZAFAR, S. I. Effect of processing on available carbohydrate content and starch digestibility of kidney beans (*Phaseolus vulgaris*, L) **Food Chem.**, United Kingdom, v. 73, n. 3, p. 351-355, 2001.
- REHMAN, Z. U.; SHAH, W. H. Domestic processing effects on some insoluble dietary fibre components of various food legumes. **Food Chem.**, United Kingdom, v. 87, n. 4, p. 613-617, 2004.
- REYES-MORENO, C.; PAREDEZ-LÓPEZ, O. Hard-to-cook phenomenon in common beans – A Review. **CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.**, v. 33, n. 3, p.227-286, 1993.
- RICKARD, S. E.; THOMPSON, L. U. Interactions and biological effects of phytic acid. In: SHAIDI, F (Ed.). **Antinutrients and Phytochemicals in Food.** Washington: Division of Agricultural and Food Chemistry. American Society. 1997. p. 294-312

- RINCON, F.; ROS, G.; COLLINS, J. Mineral loss in cowpeas (*vigna unguiculata* L.) by pressure heating in water. **J. Food Sci.**, USA, v. 58, n. 4, p. 856-859, 1993.
- ROSA, J. C. et al. Quantitative HPLC analysis of phenylisothiocarbamyl-amino acids at picomol levels. XVI Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Bioquímica (SBBq) – Caxambu/MG, 22 a 25/04/87 – **Arq. Biol. Technol.**, Curitiba, v. 30, n. 1, p. 35, 1987.
- SANDBERG, A.; AHDERINNE, R. HPLC method for determination of inositol tri-, tetra-, penta-, hexaphosphates in foods and intestinal contents. **J. Food Sci.**, USA, v. 51, n. 3, p. 547-550, 1986.
- SATHE, S. K. Dry Bean Protein Functionality. **Crit. Rev. Biotechnol., Inglaterra**, v. 22, n. 2, p. 175-223, 2002.
- SGARBIERI, V. C. Composition and nutritive value of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **World Rev. Nutr. Diet. Basel**, Karger., Suíça, v. 60, p. 132-198, 1989.
- SGARBIERI, V. C.; WHITAKER, J. R. Physical, chemical and nutritional properties of common bean (*Phaseolus*) proteins. **Adv. Food Res.**, Orlando, v. 28, n. 3, p. 93-166, 1982.
- SHAHIDI, F. Beneficial health effects and drawbacks of antinutrients. In: SHAIDI, F. (Ed.). **Antinutrients and Phytochemicals in Food**. Washington: Developed from a symposium sponsored by the Division of Agricultural and Food Chemistry. American Society. 1997b. p. 1-9,
- STIPANUK, M. H. **Biochemical and physiological aspects of human nutrition**. Philadelphia: Saunders Company, 2000. 950 p.
- THARANATHAN, R. N.; MAHADEVAMMA, S. Grain legumes – a boon to human nutrition. **Trends Food Sci. Technol.**, Holanda, v. 14, n. 12, p. 507-518, 2003.
- TORRE, M.; RODRIGUEZ, A. R.; SAURA-CALIXTO, F. Effects of dietary fiber and phytic acid on mineral availability. **Crit. Rev. Food Sci. Nutr.**, Inglaterra, v. 1, n. 1, p. 1-22, 1991.
- VIDAL-VALVERDE, C.; FRIAS, J. Legume processing effects on dietary fiber components. **J Food Sci.**, USA, v. 56, n. 5, p. 1350-1352, 1991.
- VIDAL-VALVERDE, C; FRÍAS, J.; VALVERDE, S. Changes in the carbohydrate composition of legumes after soaking and cooking. **J. Am. Diet Assoc.**, USA, v. 93, n. 5, p. 547-550, 1993.
- VILLAVICENCIO, A. L. C. H.; MANCINI-FILHO, J.; DELINCEÉ, H. Effect of irradiation on anti-nutrients (total phenolics, tannins and phytate) in Brazilian beans. **Radiation Physics Chem.**, Holanda, v. 57, n. 3, p. 289-293, 2000.
- WELCH, R. M. et al. Genetic selection for enhanced bioavailable levels of iron in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seeds. **J. Agric. Food Chem.**, USA, v. 48, n. 8, p. 3576-3580, 2000.