

# COMPOSTOS NUTRICIONAIS E FATORES ANTINUTRICIONAIS DO FEIJÃO COMUM (*Phaseolus vulgaris* L.)

Lucimar Pereira Bonett<sup>1</sup>  
Maria do Socorro Tenório Baumgartner<sup>1</sup>  
Ângela Cristina Klein<sup>2</sup>  
Luciano Ivano da Silva<sup>3</sup>

BONETT, L. P., BAUMGARTNER, M. S. T., KLEIN, A. C., SILVA, L. I. Compostos nutricionais e fatores antinutricionais do feijão comum (*Phaseolus Vulgaris* L.). *Arq. Ciênc. Saúde Unipar, Umarama*, v. 11, n. 3, p. 235-246, set/dez. 2007.

**RESUMO:** Leguminosa intensamente estudada na América Latina, o feijão comum *Phaseolus vulgaris* L. é a principal fonte de proteína e faz parte dos hábitos alimentares da população, sendo sua importância alimentícia, entre outros, devida ao menor custo de produção em relação à proteína animal. Embora o potencial de proteínas das leguminosas seja alto, elas podem conter fatores antinutricionais e outras substâncias nocivas à saúde, tais como inibidores das enzimas proteases, lectinas, antivitaminas, taninos, fatores de flatulência, alérgenos, fitatos e toxinas. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão bibliográfica sobre a qualidade nutricional do feijão comum *Phaseolus vulgaris* L., mostrando a importância dos compostos nutricionais e de alguns fatores antinutricionais. Além das proteínas, o feijão é composto por carboidrato, sendo o amido o principal, e fibras alimentares, que possuem importantes fatores preventivos de algumas doenças. Os principais componentes antinutricionais são os polifenóis ou taninos, que se encontram no tegumento, as saponinas, os fitatos, a rafinose, as lectinas, que são tóxicas a aves e mamíferos, e os inibidores de proteases. Apesar do baixo aproveitamento nutricional e dos desconfortos físicos que pode causar sua ingestão, a grande importância que essa leguminosa tem na dieta dos latino-americanos demanda maior atenção dos pesquisadores, buscando otimizar essa importante fonte alimentar rica em proteína.

**PALAVRAS-CHAVE:** leguminosa; feijão; compostos nutricionais; fatores antinutricionais.

## NUTRITIONAL COMPOUNDS AND ANTINUTRITIONAL ASPECTS OF COMMOM BEANS (*Phaseolus vulgaris* L.)

**ABSTRACT:** The common bean, *Phaseolus vulgaris* L., an intensely studied legume in Latin America, is its main protein source being part of the dietary habits of the population, and its nourishing importance, among others, is due to its low cost of production in relation to animal protein. Although the protein potential of the legumes is high, they may present antinutritional factors and other substances harmful to health, such as enzyme protease inhibitors, lectins, antivitaminas, tannins, flatulence factors, allergenics, phytates, and toxins. Therefore, this paper reviews the literature on the nutritional quality of common beans, *Phaseolus vulgaris* L., showing the importance of nutritional compounds and some antinutritional factors. Besides protein, the bean is composed by carbohydrates; amide is the main one, and dietary fibers, which present important preventive factors for some illnesses. Polyphenols, or tannins, found in the tegument, saponins, phytates, raffinose, and lectins, which are toxic to birds and mammals, and the inhibitors of proteases, are the major antinutritional components. Despite of the low nutritional exploitation and physical discomforts that its ingestion may cause, the great importance this legume has for the Latin American diet demands a great deal of attention by the researchers in order to optimize such important dietary source of protein

**KEYWORDS:** Legume; Bean; Nutritional Composites; Antinutritional factors.

## Introdução

Diversas sementes são excelentes fontes de proteínas, com teores protéicos variando de 10% a 40% em certos legumes e sementes de oleaginosas (CARBONARO et al., 2000). As leguminosas têm sido utilizadas pelo homem desde a antiguidade, formando parte da dieta devido, principalmente, a seu alto conteúdo protéico e, na agricultura moderna, pela proporção de óleo presente nas sementes de muitas espécies (OLIVEIRA et al., 2001).

Uma das leguminosas intensamente estudadas na América Latina tem sido o feijão comum *Phaseolus vulgaris* L., por ser a fonte principal de proteína e fazer parte dos hábitos alimentares da população, sendo sua importância alimentícia, entre outros, devida ao menor custo de produção em relação à proteína animal (QUINTANA et al., 2002).

O feijoeiro comum, pertencente à classe Dicotyledoneae, família Leguminosae, subfamília Papilionoidae, gênero *Phaseolus* e espécie *Phaseolus vulgaris* L., é a espécie mais cultivada do gênero *Phaseolus*, que ainda inclui *P. coccineus*, *P. acutifolius*, *P. lunatus*, contribuindo com 95% da produção mundial de feijões, sendo cultivado em aproximadamente 100 países, destacando-se a Índia, o Brasil, a China, os Estados Unidos e o México, dos quais o Brasil é o maior produtor, seguido pelo México (YOKOYAMA, 2002).

Os feijões são leguminosas consumidas em grandes quantidades, no Brasil e no mundo, por todas as classes sociais, sendo, para muitos indivíduos, a principal fonte de proteínas, minerais, vitaminas e fibras (DEL PINO e LAJOLO, 2003). Os feijões fornecem de 10 a 20% dos nutrientes necessários para um adulto, com teor de proteína de 20 a 25%, embora existam outros com mais de 30% de proteína (BASSINELLO,

<sup>1</sup>Docente, Universidade Paranaense - UNIPAR, Campus Toledo-PR., Avenida Parigot de Souza, 3636, Jardim Prada - CEP 85903-170, Toledo, PR. - Telefone: 0XX(45)-32778500, e-mail: lucimar@unipar.br

<sup>2</sup>Bióloga, Egressa da Universidade Paranaense - UNIPAR, Campus Toledo, Paraná, Brasil.

<sup>3</sup>Acadêmico do Programa de Iniciação Científica do Curso de Ciências Biológicas, Universidade Paranaense, Campus Toledo, Paraná, Brasil.

2001), que constitui um valioso complemento dos cereais, principalmente onde a população tem limitado acesso à proteína animal (SERRANO e GOÑI, 2004).

Embora o potencial de proteínas das leguminosas seja alto, elas podem conter fatores antinutricionais e outras substâncias nocivas à saúde (PROLL et al., 1998), tais como inibidores das enzimas proteases, lectinas, antivitaminas, saponinas, taninos, fatores de flatulência, alérgenos, fitatos e toxinas (MORENO, 1983; VASCONCELOS et al., 1994). Esses fatores antinutricionais podem reduzir seu valor nutricional, provocar efeitos fisiológicos adversos ou diminuir a biodisponibilidade de certos nutrientes (SILVA e SILVA, 1999).

Assim, o objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão bibliográfica sobre a qualidade nutricional do feijão comum *Phaseolus vulgaris* L., mostrando a importância dos compostos nutricionais e de alguns fatores antinutricionais.

## Compostos nutricionais

### Proteínas

As leguminosas são constituídas de 70% de globulinas, 10 a 20% de albuminas, 10 a 20% de glutelina e uma pequena fração de prolamina, sendo a globulina a proteína predominante no feijão, correspondendo de 33,5% a 81% e as albuminas de 12% a 52,4% da proteína total da semente (DESHPANDE e NIELSEN, 1987). Em 12 cultivares estudadas, o conteúdo de globulinas e albuminas foi de 33,4% a 9,2% e 20,1%, respectivamente (DURIGAN et al., 1987). Na cultura de feijão carioca, foi encontrado um conteúdo de 31,5% de albumina, 38,5% de globulinas G<sub>1</sub> (faseolina), 13,8% de globulina G<sub>2</sub> (fitohemaglutinina), 1,7% de prolamina e 22,4% de glutelinas (MARQUEZ e LAJOLO, 1981).

Segundo Sathe et al. (1984), a faseolina (conhecida também como Glicoproteína II, vicilina ou globulina G<sub>1</sub>) e a fitohemaglutinina (lectina ou globulina G<sub>2</sub>) são as principais proteínas de reserva do feijão, correspondendo de 10% a 50% da proteína presente.

A fração albumínica apresenta as glicoproteínas, inibidores de  $\alpha$ -amilase e inibidores de proteases (SATHE et al., 1984; MORENO e CHRISPEELS, 1989; CHRISPEELS e RAIKHEL, 1991; FUNK et al., 1993).

O fracionamento da proteína dos feijões gera três frações de proteínas solúveis: a faseolina, a globulina G<sub>1</sub>, globulina G<sub>2</sub> e a albumina, sendo a faseolina a mais abundante proteína de reserva do feijão, com um conteúdo variando de 36 a 46% (DEL PINO e LAJOLO, 2003).

Quando comparada às proteínas animais, a baixa digestibilidade das proteínas do feijão é um dos seus problemas nutricionais, pois, avaliada em diferentes experimentos com animais, situou-se entre 40% e 70% (SGARBIERI et al., 1979), sendo baixa em

humanos, com cerca de 55% (BRESSANI, 1983).

As proteínas do feijão apresentam digestibilidade reduzida em condições *in natura*, porém essa digestibilidade aumenta após tratamento térmico (SOLTELO, 1987). Entretanto, após o tratamento térmico, a digestibilidade ainda fica limitada, em função da alteração da estrutura primária das proteínas e pela permanência dos inibidores de proteases termoestáveis ou polifenólicos que interagem com as enzimas digestivas e/ou com as proteínas do feijão, formando complexos e diminuindo o seu grau de hidrólise (NIELSEN, 1991).

A reduzida digestibilidade das proteínas dos feijões e de outras leguminosas está relacionada à ação de fatores ligados à casca (taninos), aos cotilédones (proteínas, taninos, fitatos) e ao processamento de armazenamento, podendo-se dizer que o problema está centrado nas moléculas protéicas, como elas interagem entre si e com outros componentes, e como essas interações ocorrem no armazenamento e no processamento industrial (BRESSANI, 1993).

A digestibilidade *in vitro* da faseolina isolada e submetida à ação de tripsina, pancreatina ou do sistema seqüencial pepsina-pancreatina foi fortemente aumentada pelo aquecimento, tornando-se similar à da caseína, fato que não ocorreu com a digestibilidade da fração albumínica, mostrando que a digestibilidade da faseolina é aumentada por tratamento térmico, não acontecendo o mesmo efeito nas albuminas (MARQUEZ e LAJOLO, 1981).

De acordo com Genovese (1995), nas proteínas dos feijões o aminoácido encontrado em maior quantidade é a lisina e, em concentrações limitadas, os aminoácidos sulfurados metionina e cisteína.

Toda a metionina suplementar de dietas a base de feijão cozido foi absorvida por ratos, indicando não existir no feijão algo que interferisse na absorção da metionina livre, enquanto apenas 50% da metionina e 41% da cistina presentes foram absorvidos (EVANS e BAUER, 1978).

A habilidade dos taninos em associar-se e precipitar as proteínas é que ocasiona esses efeitos adversos (HASLAM e LILLEY, 1988) e as interações hidrofóbicas e a presença de pontes de hidrogênio é que ocasionam esses efeitos (OH et al., 1980).

Estudando os efeitos dos taninos condensados sobre a digestibilidade a faseolina de feijão Carioca (*Phaseolus vulgaris* L.) nas formas nativa e desnaturalizada, DEL PINO e LAJOLO (2003) concluíram que a presença de tanino condensado afetou a digestibilidade *in vitro* da faseolina, quando esteve na proporção 5/20 (tanino/proteína), ponto no qual toda a proteína em solução foi precipitada pelos taninos. Na análise eletroforética, esses autores também evidenciaram a dificuldade de a faseolina ser hidrolizada pela presença de tanino.

## Amido

Nas leguminosas, o amido é o principal carboidrato do ponto de vista quantitativo e os oligossacarídeos tipo rafinose estão presentes em pequenas, mas significativas quantidades (OLIVEIRA et al., 2001).

Segundo Sathe e Deshpande (1984), o teor de amido presente nas diversas cultivares de feijão situa-se entre 45% e 60%, o que não é totalmente utilizado como fonte energética. Parte do amido presente nos alimentos permanece inalterada durante o processo de digestão e atinge o intestino grosso, onde é fermentado.

A quantidade de amido pode variar de uma cultivar de feijão para outra. Um exemplo é o do feijão branco, que contém 49% de amido total, 16% de amido digerido lentamente, 27% de amido digerido rapidamente e 6% de amido resistente, aquele que não é absorvido no intestino delgado (ENGLYST et al., 1992; MENEZES et al., 1995).

De acordo com Jenkins et al. (1983), a digestibilidade do amido do feijão cru ou cozido é, geralmente, menor que a dos cereais e proporciona reduzido índice glicêmico, tanto em indivíduos saudáveis como em diabéticos. Como esse índice mede essencialmente a elevação da glicemia após o consumo de determinada fonte de amido, esse efeito é de grande interesse na prevenção e controle da diabetes pela dieta (SOCORRO et al., 1989).

Os carboidratos podem ser classificados em glicêmicos e não glicêmicos, sendo os glicêmicos aqueles digeridos e absorvidos no intestino delgado e, portanto, modificadores dos níveis de glicemia do consumidor, entre eles o amido, dissacarídeos e oligossacarídeos, enquanto os carboidratos não glicêmicos resistem à ação da enzima  $\alpha$ -amilase e alcançam o intestino grosso, onde são fermentados por bactérias (SERRANO e GOÑI, 2004).

Um dos fatores que interferem na utilização do amido do feijão é a parede celular, que pode atuar como uma barreira física, dificultando o intumescimento, a completa gelatinização dos grânulos e a ação de enzimas hidrolíticas. Além disso, o processo de cozimento e a mastigação do grão não são suficientes para romper a parede celular que envolve os grânulos, reduzindo a possibilidade de aproveitamento (TOVAR et al., 1992). Contudo, o reduzido aproveitamento do amido resistente no intestino delgado e sua passagem e fermentação no intestino grosso produz ácidos graxos voláteis, como acetato, butirato e propionato, que podem ser absorvidos e usados como fonte energética no fígado (MUIR et al., 1993).

Os taninos presentes nos feijões podem ter atividade anti-amilásica, dificultando a digestão e a porcentagem dos carboidratos glicêmicos e incrementando a porcentagem de carboidratos resistentes à digestão (SERRANO e GOÑI, 2004).

Ainda segundo Serrano e Goñi (2004), os

alimentos com baixo índice glicêmico controlam a glicemia e diminuem a exigência de insulina. Uma diminuição de 10% no índice glicêmico da dieta aumenta a sensibilidade à insulina em 30%, e os feijões contém vários componentes hidrocarbonados não glicêmicos.

Conseguir que a população consuma alimentos com baixo índice glicêmico (IG), reduzindo a incidência de fatores de risco a enfermidades, é um dos objetivos nutricionais preconizados mundialmente.

## Fibras Alimentares

O valor nutricional do feijão adquiriu uma nova dimensão decorrente dos possíveis efeitos benéficos proporcionados pela ingestão da chamada fibra alimentar. Os alimentos de origem vegetal contêm a fibra solúvel e a insolúvel, em teores que variam de acordo com o alimento e com sua preparação, sendo que os feijões e outras leguminosas, como aveia e cevada, apresentam um interessante equilíbrio entre essas frações, como se verifica no feijão Carioca cozido, que contém 17,9% de fibra insolúvel e 7,9% de fibra solúvel (FILISSETTI-COZZI e LAJOLO, 1991).

A fibra está envolvida na manutenção da estrutura celular e não pode ser facilmente separada de outros componentes da parede celular. O feijão Carioca cozido contém valores próximos a 9,61% de celulose, 0,46% de hemicelulose, 1,65% de lignina, 0,81% de pectina, 5,78% de protopectina e menos de 0,5% de substâncias fenólicas (MENDEZ et al., 1995).

O potencial das fibras alimentares para reduzir o risco de certas doenças degenerativas, tais como doenças cardiovasculares, diabetes, câncer de cólon, entre outras, tem sido muito pesquisada, embora os possíveis mecanismos de ação envolvidos ainda não estejam totalmente esclarecidos, sendo relatadas quatro ações fisiológicas benéficas para a saúde humana: aumento do bolo fecal e do trânsito intestinal, ligação com ácidos biliares, sua transformação em ácidos graxos no intestino e o aumento da viscosidade (HUGHES, 1991).

O consumo de feijão como fonte de fibra produz uma maior saciedade, devido ao maior volume de alimentos, maior tempo de ingestão, que produz uma maior sensação de plenitude intestinal, e níveis elevados de colecistocinina, relacionada com reduções dos níveis de glicose plasmática e insulina em pacientes diabéticos (BOURDON, 2001).

O aumento do bolo fecal e a diminuição do tempo de trânsito são efeitos fisiológicos associados à fração insolúvel da fibra, com pouca participação da fração solúvel, enquanto a ligação de ácidos biliares está associada à fibra solúvel, pectina e hemicelulose, que são transformadas em ácidos graxos no intestino grosso, em proporção bem maior que a fibra insolúvel.

A fibra solúvel é, também, a responsável pelo aumento da viscosidade no lúmen intestinal e pela redução conseqüente de processos digestivos e

absortivos (FILISSETTI-COZZI e LAJOLO, 1991).

O consumo de feijão, sendo este um dos poucos alimentos integrais que contém significativa quantidade, tanto de fibra solúvel, como de insolúvel, produz as quatro ações fisiológicas acima descritas e o possível impacto benéfico do feijão sobre diversas doenças ligadas ao baixo consumo fibra foi amplamente estudado (HUGHES, 1991; SCHWEIZER e EDWARDS, 1992).

O consumo diário de feijões diminui a concentração de colesterol sérico e um efeito cardioprotetor parece estar relacionado, em ordem de importância, com o conteúdo e fibra solúvel (BROWN et al., 1999), proporção e quantidade de aminoácidos (VUNKSAN et al., 1999), isoflavonas (ANDERSON e HANNA, 1999), fosfolípidios e ácidos graxos (KIRSTEN et al., 1993), fitoesteróis (JONES et al., 2000) e saponinas (FRUHBECK et al., 1997).

As isoflavonas do feijão podem ter efeitos bioquímicos importantes. Uma destas bioflavonas é a genisteína, um potente inibidor de proteincinases que ocasiona a redução da proliferação de células cancerígenas (LÉVANO, 1990; AKIYAMA et al., 1987), com efeito ateroprotetor mediante ação antioxidante que previne a lipooxidação de membranas e, portanto, inibe a progressão da aterosclerose (KANAZAWA et al., 1995; WEI et al., 1995; PETERSON, 1995).

## Fatores antinutricionais

### Polifenóis

Os polifenóis de leguminosas e cereais são predominantemente taninos de origem flavonóide (DESHPANDE e CHERYAN, 1985; SILVA e SILVA, 1999).

O termo tanino foi utilizado originalmente para descrever a substância contida nos extratos vegetais e usada no curtimento de couro, principalmente pela sua capacidade de se combinar com proteínas da pele animal, inibindo o processo de putrefação (DESHPANDE et al., 1986).

Os taninos podem ser classificados como hidrolisáveis e não hidrolisáveis ou condensados (SINGLETON, 1973). Os taninos condensados estão presentes na fração fibra alimentar de diferentes alimentos e podem ser considerados indigeríveis ou pobremente digeríveis (BARTOLOMÉ et al., 1995).

Devido a seus efeitos adversos na cor, sabor e qualidade nutricional, os taninos de leguminosas e cereais têm recebido considerável atenção (SALUNKHE et al., 1982). No entanto, o uso dessas proteínas em animais e humanos é afetado pela presença de taninos no tegumento dos feijões, cujo teor pode variar de 0 a 2%, segundo a espécie e a coloração da semente (MA e BLISS, 1978).

Em feijões, os compostos polifenólicos estão concentrados primeiramente no tegumento da semente,

com quantidades baixas ou insignificantes e, em segundo lugar, nos cotilédones (SATHE e SALUNKHE, 1984).

Os genótipos de feijões coloridos são mencionados com frequência como maiores limitantes do valor nutritivo de leguminosas (SILVA e SILVA, 1999). Em estudos com animais alimentados com dietas ricas em polifenóis, verificou-se a redução no consumo de alimentos e um baixo quociente de eficiência protéica (DESHPANDE, 1992).

Um baixo aproveitamento de nutrientes foi observado em feijões marrons, pretos, vermelhos e brancos com teor médio de taninos de 7,8 mg, 6,6 mg, 12,6 mg e 2,3 mg.g<sup>-1</sup> equivalentes de catequina, respectivamente (BRESSANI, 1993).

Os compostos polifenólicos possuem propriedades antimicrobianas, indicando uma possível função como mecanismo de defesa da planta (DESHPANDE, 1992). Os taninos se concentram na casca (7,7 mg.g<sup>-1</sup>), enquanto nos cotilédones a sua concentração é de apenas 0,8 mg.g<sup>-1</sup> (DEL PINO, 1992).

Durante o processo de cozimento dos feijões foi observado que, com um aumento da temperatura, os polifenóis podem ligar-se com algumas proteínas, serem eliminados na água do cozimento, permanecer livres ou sofrer polimerização (BRESSANI et al., 1982). As hipóteses sugeridas foram de que os polifenóis livres podem, tanto influenciar indiretamente na digestão das proteínas por inibição da atividade enzimática como, durante o cozimento, os polifenóis podem penetrar no cotilédone e reagir com suas proteínas, tornando-as menos suscetíveis à hidrólise enzimática (BRESSANI et al., 1982).

Analisando o conteúdo de tanino em leguminosas submetidas à germinação, descorticação e cozimento, constatou-se que o método mais efetivo de remoção desse composto foi a descorticação das sementes, resultando em perda de 83 a 97% de tanino, constatando-se também que houve a liberação do tanino da semente para o caldo durante o cozimento (RAO e DEOSTHALE, 1982).

Os efeitos dos taninos em seres humanos são pouco conhecidos (PRICE et al., 1980) e os efeitos nocivos do consumo anormal de fenóis em plantas apresentam resultados pouco expressivos (SINGLETON, 1981), embora substâncias formadoras de complexos com compostos nitrogenados provavelmente influenciem na digestão e absorção de nutrientes (CHANG et al., 1996).

Conforme Bressani et al. (1982) o efeito dos polifenóis na digestibilidade das proteínas das leguminosas é relativamente pequeno, influenciando apenas 7% da digestibilidade verdadeira, enquanto o inibidor de tripsina possa influenciar 25% da digestibilidade das proteínas. Entretanto, considerações epidemiológicas indicam alguma relação entre câncer esofágico e ingestão de taninos (SINGLETON, 1973).

Em ratos, a digestibilidade do feijão fica entre

40 e 70% e, em seres humanos, em torno de 60% do nitrogênio ingerido (BRESSANI, 1993; BRESSANI e ELIAS, 1984).

Embora seja reconhecida a ação do tanino no valor nutritivo de certos vegetais, os efeitos na saúde humana ainda são questionáveis, devido à limitação de estudos nessa área (SILVA e SILVA, 1999).

## Fitatos

Dentre os fatores antinutricionais encontrados em leguminosas está o ácido fítico ou ácido hexafosfórico (IP<sup>6</sup>), constituindo aproximadamente 1 a 2% do peso da semente, podendo alcançar a quantidade de 3 a 6% em alguns cereais (KASIM e EDWARDS, 1998).

Os fitatos são compostos naturais, formados durante o processo de maturação das sementes e também responsáveis pela iniciação da dormência (REDDY et al., 1985; MAGA, 1982; TORRE et al., 1991). São derivados do ácido fítico ou ácido hexafosfórico mioinositol, com habilidade de formar quelantes com íons de minerais, tais como o cálcio e magnésio, formando complexos solúveis resistentes à ação do trato intestinal, que diminuem a disponibilidade desses minerais e, embora esse seja seu maior efeito, os fitatos também interagem com resíduos básicos das proteínas, participando da inibição de enzimas digestivas como a pepsina, pancreatina e a  $\alpha$ -amilase (LIENER, 1989; SILVA e SILVA, 1999). O ácido fítico contém aproximadamente 70% do conteúdo de fosfato das sementes de leguminosas (ZHOU e ERDMAN, 1995).

Nos processos de armazenamento, fermentação, germinação, processamento e digestão das sementes, o ácido fítico pode ser desfosforilado, produzindo compostos como pentafosfato (IP<sup>5</sup>), tetrafosfato (IP<sup>4</sup>), trifosfato (IP<sup>3</sup>) e, provavelmente, o inositol difosfato (IP<sup>2</sup>) (ZHOU e ERDMAN, 1995), e o efeito negativo na biodisponibilidade de minerais está associado ao IP<sup>5</sup> e IP<sup>6</sup> (hexafosfato) (SANDBERG et al., 1989).

Do conteúdo total de feijão em 50 cultivares estudadas, o ácido fítico mioinositol hexafosfato, ou seus sais fitatos, representaram 54% a 82%, com média de 69,3%. O conteúdo de ácido fítico no feijão varia de 0,54% a 1,58%, mais de 99% na forma solúvel, o de fósforo total de 0,26% a 0,56%, sendo o de fósforo inorgânico de 0,021% a 0,044% e o de fósforo orgânico, que não ácido fítico, de 0,05% a 0,135% (LOLAS e MARKAKIS, 1975).

Vários complexos insolúveis formados pelo ácido fítico com minerais, como cálcio, zinco, ferro e magnésio, podem torná-los indisponíveis, dependendo da concentração de ambos (ácido fítico e minerais) no alimento, das condições do processamento, da digestão ou hidrólise do fitato pela fitase e da capacidade da mucosa intestinal para absorver minerais (SATHE et al., 1984).

O fitato pode ser considerado bastante estável ao calor (DESHPANDE e DAMODARAN, 1990).

Tanto o remolho em temperatura ambiente como a cocção do feijão não alteram o seu conteúdo de ácido fítico (DESHPANDE e CHERYAN, 1985; BERNAL-LUGO et al., 1991). No entanto, foi constatada uma correlação inversa entre tempo de cozimento de feijões e teor de ácido fítico, ou seja, quanto maior o tempo de cozimento menor o teor de ácido fítico (KON e SANSHUCK, 1981).

De acordo com Khokhar et al. (1994), altos níveis de fitatos podem estar associados a efeitos nutricionais negativos ao homem. O fitato pode estar contido comumente em fórmulas de alimentos infantis preparados com leguminosas que, quando ingeridas, podem formar fortes complexos com cálcio, ferro, zinco e manganês (LONNERDAL, 1997).

O fitato provavelmente não exerce efeito significativo na biodisponibilidade de zinco em seres humanos que praticam uma dieta adequada (FORBES et al., 1984). Avaliando-se a absorção de ferro, proveniente de vários tipos de pães, em seres humanos, concluiu-se que o inositol tri, tetra, penta e hexafosfato inibem a absorção de ferro, sendo que a fermentação utilizada no processo de fabricação de pães melhora a biodisponibilidade de ferro (BRUNE et al., 1992). Embora existam resultados de algumas pesquisas, ainda há discordância sobre a influência do fitato na biodisponibilidade de minerais (SILVA e SILVA, 1999).

## Inibidores de Proteases

Encontrados em ampla distribuição no reino vegetal, alguns compostos são capazes de inibir as atividades de enzimas tripsina, quimiotripsina, amilase e carboxipetidase (XAVIER-FILHO e CAMPOS 1989; SILVA e SILVA, 1999). Um dos fatores envolvidos na baixa digestibilidade das proteínas do feijão é a presença dos inibidores de proteases, embora estes geralmente sejam inativados durante o cozimento (EICHER e SATTERLEE, 1988).

Os tipos de inibidores de proteases mais amplamente distribuídos são Bowman-Birk e Kunitz, esses últimos encontrados na subfamília Papilionidae, da qual o feijão-comum faz parte (BATISTA et al., 1996; BELITZ e WEDERT, 1990).

A tripsina humana é fracamente inibida pelo inibidor Kunitz (BENDER, 1987), já o inibidor Bowman-Birk é relativamente estável à exposição ao suco gástrico humano (LIENER, 1994).

Em muitas plantas, particularmente em sementes de leguminosas, se encontram os inibidores de proteases, entre os quais estão os inibidores de tripsina e quimiotripsina, que reduzem o valor nutritivo das sementes e a disponibilidade dos aminoácidos, provocando diminuição no crescimento somático e hipertrofia no pâncreas (LIENER, 1990; DIXON e

HOSKING, 1992; ALETOR et al., 1994; GRELA, 1996), embora esta tenha sido reportada apenas em animais de laboratório, não sendo encontradas evidências de efeitos deletéricos em humanos (DESHPANDE e NIELSEN, 1987).

Em animais jovens, alimentados com leguminosas cruas, ocorre a inibição do crescimento, provocada pela excessiva perda fecal de proteína secretada pelo pâncreas, uma vez que as enzimas pancreáticas são ricas em aminoácidos sulfurados e esta perda não pode ser compensada pela ingestão de proteínas de leguminosas (RACKIS e GUMBMANN 1982).

A inativação total de inibidor de tripsina foi obtida em feijões (*Phaseolus vulgaris*) embebidos com água destilada por uma noite e submetidos à temperatura de 97°C por 7,5 minutos (99). Tal situação demonstra que a inativação total do inibidor de tripsina pode ser alcançada em feijões embebidos em água e aquecidos a 100°C por 10 a 15 minutos.

Genovese (1995), estudando feijões da cultivar carioca, demonstrou que o cozimento em autoclave (121°C), em tempos que variaram de 15 minutos a uma hora, em amostras deixadas de molho ou não, foi insuficiente para inativação de mais de 60% dos inibidores da tripsina, e que a retirada prévia da casca das amostras pareceu não alterar os resultados, indicando não haver interferência dos taninos na inibição das proteases.

## Lectinas

As lectinas são proteínas capazes de unirse de forma reversível a fragmentos glicídicos, de glicoconjugados de natureza não imunológica, e têm recebido o nome de fitohemaglutininas, por seu efeito na coagulação dos eritrócitos, sendo usadas na identificação de alguns grupos sanguíneos humanos (LIERNER, 1994, HARBONE, 1989; MARTINEZ-ARAGON et al., 1985; LEAVITR et al., 1977).

Existem diferentes definições para as lectinas, porém, a mais aceita é que são proteínas ou glicoproteínas de origem não imune, fixadoras de carboidratos, com capacidade para aglutinar e precipitar glicoconjugados (GOLDSTEIN, 1980).

Encontradas em uma ampla variedade de espécies de plantas e animais, estas substâncias estão presentes em maiores quantidades em grãos de leguminosas e gramíneas (MANCINI-FILHO et al., 1979; PUTSZTAI, 1989). Sua presença nos cotilédones e endosperma varia de 2 a 10% do total de proteínas (DIAZ e MARTIN et al., 1999). As fitohemaglutininas mais importantes são as encontradas em feijões e favas e os exemplos de lectinas bem caracterizadas são a concanavalina, presente em "jack bean" (*Canavalia ensiformis*), a aglutinina da soja e a aglutinina do gérmen de trigo (SHARON e LIS, 1972).

A ampla distribuição das lectinas no reino

vegetal indica uma importância fisiológica para as plantas (LIERNER, 1976; ETZLER, 1985), possivelmente influenciando nos estádios de maturação e germinação das sementes (HOWARD, 1972) e, aparentemente, influenciando nos mecanismos de defesa contra o ataque de patógenos (108). Elevada atividade de lectinas foi constatada em feijões-comuns (*Phaseolus vulgaris*) frescos e estocados por cinco anos (MARTIN-CABREJAS et al., 1995).

A redução da atividade hemaglutinante ou a inativação de lectinas é usualmente obtida por meio doméstico ou por processamento industrial dos alimentos (SILVA e SILVA, 1999; ASKAR, 1986; OJIMELUKE et al., 1995), sendo que a cocção do feijão elimina a ação antinutricional das lectinas (COFFEY et al., 1993).

Em feijão, cerca de 10% das proteínas correspondem a glicoproteínas como lectinas e arcelinas, estas últimas encontradas apenas em espécies selvagens de feijão e com efeito protetor nas sementes (OSBORN et al., 1989), contudo, as lectinas são tóxicas para mamíferos e aves, causando lesões na mucosa intestinal (PUTSZTAI, 1993).

Em estudos de toxicidade, à adição de 1% de lectinas isoladas da cultivar Jalo na ração de ratos, observou-se redução no crescimento e da atividade da maltase intestinal, enquanto as da cultivar Rico 23 só provocaram esses efeitos quando presentes em proporções de 5%, demonstrando diferenças na ação tóxica (OSBORN et al., 1989).

Em pesquisas com ratos, quando foram administradas lectinas de feijões crus (*Phaseolus vulgaris*) via oral e intraperitoneal, verificou-se que os animais que receberam injeções intraperitoneais de extratos de lectinas tóxicas morreram logo após o tratamento, enquanto que os animais alimentados com dietas contendo lectinas tóxicas apresentaram perda de peso, crescimento reduzido, baixa absorção de nitrogênio, alteração do baço e pâncreas e, após duas semanas, morreram (JAFFÉ e BRÜCHER, 1972).

Outros estudos da mesma espécie de feijão descartaram a toxicidade de outras proteínas, incluindo o inibidor de proteases (PUTSZTAI e PALMER, 1977).

Analisando as propriedades hemaglutinantes, mitogênicas e tóxicas, em dezesseis cultivares de feijão (*Phaseolus* sp), observou-se que cinco destas apresentavam toxicidade intraperitoneal em ratos, com elevada capacidade aglutinante de hemácias em bovinos e coelhos, além de alta atividade mitogênica (LIMA et al., 1980). Ratos submetidos a dieta contendo lectina de feijão (*Phaseolus vulgaris*) apresentaram danos severos dos microvilos na bordadura em escova localizada nos enterócitos do intestino (PUTSZTAI et al., 1979; KING et al., 1982).

Os possíveis efeitos adversos de lectinas em seres humanos podem ser inferidos somente de experimentos com animais de laboratórios, ressaltando que a maior parte das lectinas podem ser inativadas

ou inibidas quando utilizados tratamentos térmicos adequados (SILVA e SILVA, 1999).

Os oligossacarídeos não redutores da família rafinose (trissacarídeo), estaquiase (tetrassacarídeo) e verbascose (pentassacarídeo), que representam 30 a 80% dos açúcares solúveis totais do feijão, são importantes pelo fato de não serem digeridos nem absorvidos pelo homem (BARAMPAMA e SIMARD, 1993). São carboidratos de baixo peso molecular, conhecidos como flatulentos não metabolizáveis no intestino humano, devido à ausência da enzima  $\alpha$ -galactosidase. Entretanto, são fermentados pela flora intestinal, principalmente por *Clostridium perfringens*, provocando flatulência (HYMOWITZ et al., 1972; RACKIS, 1974; SILVA et al., 1992; SOMIARI e BALOG, 1992; RUIZ e COSTA et al., 1995; MANZANARES et al., 1998).

A flatulência pode ser acompanhada de diarreias, dores de cabeça, dispepsia, confusão mental e diminuição da capacidade de concentração no trabalho (RUIZ et al., 1995; SANNI et al., 1997; GÓEZ e RIBEIRO, 2002). Assim, a microflora intestinal, principalmente as bactérias do gênero *Clostridium*, é que acabam sendo responsáveis pela metabolização dos oligossacarídeos, levando à produção de hidrogênio, gás carbônico e pequenas quantidades de gás metano. Logo, o consumo de feijão provoca flatulência, sendo isso considerado um fator limitante da sua ampla utilização na dieta humana, dado o desconforto físico e social (SATHE et al., 1984; BRESSANI, 1995).

O conteúdo de rafinose e estaquiase de várias cultivares de feijão estudadas situa-se entre 0,6 e 0,9% e 1,9 e 3,7%, respectivamente (IYER et al., 1980; BARAMPAMA e SIMARD, 1994; TRUGO et al., 1990). Estudo analisando 10 cultivares de feijão registrou valores de sacarose variando de 3,0 a 3,7%, de rafinose entre 0,5 e 1,4% e estaquiase de 3,2 a 4,7% (TRUGO et al., 1990).

A prática de deixar o feijão de molho à temperatura ambiente e descartar a água do molho é satisfatória para diminuir os fatores causadores da flatulência, pois os resultados da perda desses açúcares para a água do molho variam de 25 a 40% para a rafinose e de 18 a 40% para estaquiase, em vários cultivares estudados (IYER et al., 1980; SILVA et al., 1992).

Uma redução de estaquiase e da rafinose em torno de 32% pelo molho, 47 a 56% pelo cozimento e 60 a 63% pelo molho e cozimento juntos já foi constatada (BARAMPAMA e SIMARD, 1994), mas um decréscimo de 80 a 90% para a rafinose e de 62 a 78% para a estaquiase pelo cozimento também já foi registrado (IYER et al., 1980).

### Considerações Finais

O feijão representa uma importante fonte de proteína, minerais, fibras, vitaminas e carboidrato na dieta da população mundial. No Brasil é a principal leguminosa fornecedora de proteínas, o que a torna

presença diária na dieta dos brasileiros.

Considerando-se o baixo aproveitamento nutricional e os desconfortos físicos que pode causar sua ingestão, porém, a grande importância que essa leguminosa tem na dieta dos latino-americanos, maior atenção deve ser dispensada pelos pesquisadores, buscando otimizar essa importante fonte alimentar rica em proteína.

Uma vez que várias das informações disponíveis sobre a qualidade nutricional do feijão são, por vezes, contraditórias ou não muito detalhadas, são necessárias mais pesquisas que explicitem seus benefícios e/ou prejuízos à saúde humana.

### Referências

AKIYAMA, T. Genistein, a specific inhibitor of tyrosine-specific protein kinases. **Journal of Biological Chemistry**, v. 262, p. 5592-5595, 1987.

ALETOR, V. A.; EL MONEIN, A. A.; GOODCHILD, A. V. Evaluation of the seeds of selected lines of tree *Lathyrus* spp. For  $\alpha$ -n-oxalylamino-1-alamine (BOAA), tannins, trypsin inhibitor activity and certain in vitro characteristics. **Journal of Science Food and Agricultural**, v. 65, p. 143-151, 1994.

ANDERSON, J.; HANNA T. Impact of no digestible carbohydrates on serum lipoproteins and risk of cardiovascular disease. **Journal of Nutrition**, v. 12, p. 1457S-1466S, 1999.

ASKAR, A. Faba beans (*Vicia faba* L.) and their role in the human diet. **Food and Nutrition Bulletin**, v. 8, p. 15-24, 1986.

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**, v. 47, p. 159-167, 1993.

\_\_\_\_\_. Oligosaccharides, antinutritional factors and protein digestibility of dry beans as affected by processing. **Journal of Food Science**, v. 59, p. 833-838, 1994.

BARTOLOMÉ, B.; JIMÉNEZ-RAMSEY, L. M.; BUTLER, L. G. Nature of the condensed tannins present in the fibre fractions in foods. **Food Chemistry**, v. 53, p. 357-362, 1995.

BASSINELLO, P. P. Qualidade dos grãos. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**, p. 1-3, 2001.

BATISTA, I. F. C. et al. Primary structure of a Kunitz-type trypsin inhibitor from enterolobium contortisiliquum

- seeds. **Phytochemistry**, v. 41, p. 1017-1022, 1996.
- BELITZ, H. D.; WEDER, J. K. P. Protein inhibitors of hydrolases in plant foodstuffs. **Food Reviews International**, v. 6, p. 201-211, 1990.
- BENDER, A. E. Effects on nutritional balance: antinutrients. In: WATSON, D. H. **Natural toxicants in food: progress and prospects**. London: Ellis Horwood International Publishers, p.110-124, 1987.
- BERNAL-LUGO, I. Does phytic acid influent cooking rate in common beans? **Journal of Food Biochemistry**, v. 15, p. 367-374, 1991.
- BOURDON, I. Beans, as a source of dietary fiber, increase cholecystokinin and apolipoprotein B48 Response to test meal in men. **Journal of Nutrition**, v. 13, p. 1485-1490, 2001.
- BRESSANI, R. Grain quality of common beans. **Food Reviews International**, v. 9, p. 237-297, 1993.
- \_\_\_\_\_. Research needs to up-grade the nutritional quality of common beans (*Phaseolus vulgaris*). **Quality Plant Foods for Human Nutrition**, v. 32, p. 101-110, 1983.
- BRESSANI, R.; ELIAS, L. G. Relación entre la digestibilidad y el valor proteínico del frijol comum (*Phaseolus vulgaris*). **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 34, p.189-197, 1984.
- BRESSANI, R.; ELÍAS, L. G.; BRAHAM, J. E. Reduction of digestibility of legume proteins by tannins. **Journal of Plant Foods**, v. 4, p. 43-55, 1982.
- BROWN, L. Cholesterol-lowering effects of dietary fiber a meta-analysis. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 69, p. 30-42, 1999.
- BRUNE, M. Iron absorption from bread in humans: inhibiting effects of cereal fiber, phytate and inositol phosphates with different numbers of phosphate groups. **Journal of Nutrition**, v. 122, p. 442-449, 1992.
- CARBONARO, M. et al. Perspectives into factors limiting in vivo digestion of legume proteins: antinutritional compounds or storage proteins? **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, p. 742 - 749, 2000.
- CHANG, M. J. et al. Cowpeas tannins related to cultivar, maturity, dehulling and heating. **Journal of Food Science**, v. 59, p. 1034-1036, 1996.
- CHRISPEELS, M. J.; RAIKHEL, N. V. Lectins, lectin genes, and their role in plant defense. **Plant Cell**, v. 3, p. 1-19, 1991.
- COFFEY, D. G. et al. Thermal extrusion and alkali processing of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 16, p. 421-431, 1993.
- DEL PINO, V. M. H.; LAJOLO, M. F. Efecto inhibitorio de los taninos del frijol carioca (*Phaseolus vulgaris* L.) sobre la digestibilidad de la faseolina por dos sistemas multienzimáticos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, p. 49-53, 2003.
- DEL PINO, V. M. H. **Interação de procianidinas com faseolina nativa desnaturada: efeito na digestibilidade in vitro**. 1992. 109 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.
- DESHPANDE, S. S.; CHERYAN, M.; SALUNKHE, D. K. Tannin analysis of food products. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 24, p. 401-449, 1986.
- DESHPANDE, S. S.; CHERYAN, M. Evaluation of vanillin assay for tannin analysis of dry beans **Journal of Food Science**, v. 50, p. 905-910, 1985.
- DESHPANDE, S. S. Food of legume in human nutrition: a personal perspective. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 32, p. 333-363, 1992.
- DESHPANDE, S. S.; DAMODARAN, S. Food legumes: chemistry and technology. **Advances in Cereal Science and Technology**, v. 10, p. 147-241, 1990.
- DESHPANDE, S. S.; NIELSEN, S. S. *In vitro* digestibility of dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) proteins: the role of heat-stable protease inhibitors. **Journal of Food Science**, v. 52, p. 133-1334, 1987.
- DIAZ, P. H. et al. **TÍTULO DO ARTIGO Revista Cubana de Hematología, Inmunología y Hemoterapia**, v. 15, p. 91- 95, 1999.
- DIXON, R. M.; HOSKING, B. J. Nutritional value of grain legumes for ruminants. **Nutrition Research Reviews**, v. 5, p. 9-43, 1992.
- DURIGAN, J. F.; SGARBIERI, V. C.; BULISANI, E. A. Protein Value of dry bean cultivars: factors interfering with biological utilization. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 35, p. 694-698, 1987.
- EICHER, N. J.; SATTERLEE, L. D. Nutritional quality of Great Northern bean proteins processed at varying pH. **Journal of Food Science**, v. 53, p. 1139-1143,



1988.

ENGLYST, H. N.; KINGMAN, S. M.; CUMMINGS, J. H. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 46, p. 33-50, 1992. Supplement.

ETZLER, M. E. Plant lectins: molecular and biological aspects. **Annual Review Plant Physiology**, v. 36, p. 209-234, 1985.

EVANS, R. J.; BAUER, D. H. Studies of the poor utilization by the rat of methionine and cystine in heated dry bean seed (*Phaseolus vulgaris*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 26, p. 779-784, 1978.

FILISSETTI-COZZI, T. M. C.; LAJOLO, F. M. Fibra alimentar insolúvel, solúvel e total em alimentos brasileiros. **Revista de Farmácia e Bioquímica da Universidade de São Paulo**, v. 27, p. 83-99, 1991.

FORBES, R. M.; PARKER, H. M.; ERDMAN, J. W. Effects of dietary phytate, calcium and magnesium levels on zinc bioavailability to rats. **Journal of Nutrition**, v. 114, p. 1421-1425, 1984.

FRUHBECK, G.; MONREAL, I.; SANTIDRIAN, S. Hormonal implication of the hypocholesterolemic effect of intake of field beans (*Vicia faba* L.) by young men with hypercholesterolemia. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 33, p. 1818-1827, 1997.

FUNK, A.; WEDER, J. K. P.; BELITZ, H. D. Primary structures of proteinase inhibitors from *Phaseolus vulgaris* var. *nanus* (cv. Borlotto). **Zeitschrift fuer Lebensmittel Untersuchung und Forschung**, v. 196, p. 343-350, 1993.

GENOVESE, M. I. **Digestibilidade e biodisponibilidade de metionina de frações protéicas do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1995. 115 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

GOÉS, S. P.; RIBEIRO, M. L. L. á galactosidase: aspectos gerais e sua aplicação em produtos a base de soja. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 23, p. 111-119, 2002.

GOLDSTEIN, I. J. What should be called lectin. **Nature**, v. 285, p. 66-68, 1980.

GRELA, E. R. Nutrient composition and content of antinutritional factors in spelt (*Triticum spelta* L.) cultivars. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 71, p. 399-404, 1996.

HARBONE, J. B. Biosynthesis and function of antinutritional factors in plants. **Institute of Horticultural Research**, p. 21-28, 1987.

HASLAM, E.; LILLEY, T. H. Natural astringency in foodstuffs-A molecular interpretation. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 27, p. 1-40, 1988.

HOWARD, I.; SAGE, H. J.; HORTON, C. B. Communication: studies on the appearance and location of hemagglutinins from a common lentil during the life cycle of the plant. **Archive of Biochemistry and Biophysics**, v. 149, p. 323-326, 1972.

HUGHES, J. S. Potential contribution of dry bean dietary fiber to health. **Food Technology**, v. 45, p. 122-126, 1991.

HYMOWITZ, T. et al. Variation in the intestinal ausforming sugars in peanut cultivars. **Crop Science**, v. 12, p. 710-711, 1972.

IYER, V. et al. Quick-cooking beans (*Phaseolus vulgaris* L.). II. Phytates, oligosaccharides, and antienzymes. **Qualitas Plantarum Plant Foods for Human Nutrition**, v. 30, p. 45-52, 1980.

JAFFÉ, W. G.; BRÜCHER, O. Toxicidad y especificidad de diferentes fitohemaglutininas de frijoles (*Phaseolus vulgaris*). **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 22, p. 267-281, 1972.

JENKINS, D. J. A. et al. The glycemic index of foods tested in diabetic patients: a new basis for carbohydrate exchange favoring the use of legumes. **Diabetologia**, v. 24, p. 257-264, 1983.

JONES, P. et al. Modulation of plasma lipid levels and cholesterol kinetics by phytosterol versus phytostanol esters. **Journal of Lipid Research**, v. 41, p. 697-705, 2000.

KANAZAWA, T. et al. Protective effects of soy protein on the peroxidizability of lipoproteins in cerebral vascular diseases. **The Journal of Nutrition**, v. 125, p. 639-646, 1995. Supplemnet.

KASIM, A. B.; EDWARDS, W. M. The analysis for inositol phosphate forms in feed ingredients. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 76, p. 1-9, 1998.

KHOKHAR, S.; PUSHPANJAL, I.; FENWICK, G. R. Phytate content of indian foods and intakes by vegetarian indians of Hisar region, Haryana state. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 42, p. 2440-2444, 1994.

- KING, T. P.; PUSZTAI, A.; CLARKE, E. M. W. Kidney bean (*Phaseolus vulgaris*) lectin-induced lesions in rat small intestine. **Journal of Comparative Pathology**, v. 92, p. 357-373, 1982.
- KIRSTEN, R. et al. Polyenylphosphatidylcholine improves the lipoprotein profile in diabetic patients. **International Journal of Clinical Pharmacy and Therapeutics**, v. 32, p. 53-56, 1993.
- KON, S.; SANSHUCK, D. W. Phytate content and its effect on cooking quality of beans. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 5, p. 169-178, 1981.
- LEAVITR, R. D.; FELSTED, R. L.; BACHUR, N. R. Biological and biochemical properties of *Phaseolus vulgaris* isolectins. **Journal of Biological Chemistry**, v. 252, p. 2961-2966, 1977.
- LÉVANO, J. Phytochemical investigation in beans. **Revista del Servicio de Sanidad de las Fuerzas Policiales**, v. 51, p. 45-47, 1990.
- LIENER, I. E. The nutritional significance of lectins. In: KINSELLA, J. L.; SOUUCIE, W. G. (Ed.). **Food Proteins**. Champaign, IL: American Oil Chemist's Society, 1989. p. 329-353.
- \_\_\_\_\_. E. Implications of antinutritional components in soybean foods. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 34, p. 31-67, 1994.
- \_\_\_\_\_. Naturally occurring toxic factors in animal feedstuffs. In: Wiseman, J.; COLE, D. J. A. C. (Ed.). **Feedstuff Evaluation**, London: Butterworths, 1990. p. 377-394.
- \_\_\_\_\_. Phytohemagglutinins (phytolectins). **Annual Review Plant Physiology**, v. 27, p. 291-319, 1976.
- LIMA, A. L. et al. Propriedades hemaglutinantes mitogênica e tóxica de variedades brasileiras de feijões (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista de Farmácia e Bioquímica da Universidade de São Paulo**, São Paulo, v. 16, p. 145-154, 1980.
- LOLAS, G. M.; MARKAKIS, P. Phytic acid other phosphorous compounds of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 23, p. 13-15, 1975.
- LONNERDAL, B. Effects of milk and milk components on calcium, magnesium, and trace element absorption during infancy. **Physiology Reviews**, v. 77, p. 643-669, 1997.
- MA, Y.; BLISS, F. A. Tannin content and inheritance in common bean. **Crop Science**, v. 18, p. 201-104, 1978.
- MAGA, J. A. Phytate: its chemistry, occurrence, food interactions, nutritional significance, and methods of analysis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 30, p. 1-9, 1982.
- MANCINI-FILHO, J.; LAJOLO, F. M.; VIZEU, D. M. Lectins from red kidney beans: radiation effect on agglutinating and mitogenic activity. **Journal of Food Science**, v. 44, p. 1194-1196, 1200, 1979.
- MANZANARES, P.; GRAAFF, L. H.; VISSER, J. Characterization of galactosidases from *Aspergillus niger*: Purification of a novel  $\alpha$ -galactosidase activity - genetics and physiology of *Aspergillus*. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 22, p. 383-390, 1998.
- MARQUEZ, U. M. L.; LAJOLO, F. M. Composition and digestibility of albumins, globulins, and glutelins from *Phaseolus vulgaris*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 29, p. 1068-1074, 1981.
- MARTIN-CABREJAS, M. A. et al. Hard-to-cook phenomenon in beans: changes in antinutrient factors and nitrogenous compounds during storage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 69, p. 429-435, 1995.
- MARTÍNEZ-ARAGÓN, A. et al. Identification and biological activity of lectins of different subunit composition isolated from *Phaseolus vulgaris* L var atropurpurea. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 68, p. 375-381, 1995.
- MENDEZ, M. H. M. et al. **Tabela de composição de alimentos**. Niterói: EDUFF, 1995. 41 p.
- MENEZES, E. W.; LAJOLO, F. M.; LEITE, M. S. Determinação do conteúdo de amido resistente no feijão: comparação de métodos. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF LATIN AMERICAN AND CARIBBEAN SECTION – AOAC INTERNATIONAL, 1., 1995, São Paulo. **Anais...** São Paulo: University of São Paulo, 1995. 41 p.
- MORENO, J.; CHRISPEELS, M. J. A lectin gene encodes the  $\alpha$ -amylase inhibitor of the common bean. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 86. p. 7885-7889, 1989.
- MORENO, M. T. Las leguminosas de grano: una visión de conjunto. In: **Leguminosas de grano**. CUBERO, J.; MORENO, M. T. (Ed.). Madrid: Mundi-Prensa, p. 15-34, 1983.
- MUIR, J. G. et al. Resistant starch - the neglected "dietary fiber"? Implications for health. **Dietary Fiber Bibliography and Reviews**, v. 1, p. 33-47, 1993.

- NIELSEN, S. S. Digestibility of legume protein. **Food Technology**, v. 45, p.11-114, 1991.
- OH, H. I. et al. Hydrophobic interaction in tannin-protein complexes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 28, p. 394-398, 1980.
- OJIMELUKWE, P. C.; ONUOHA, C. C.; OBANU, Z. A. Effects of processing and *in vitro* proteolytic digestion on soybean and yambean hemagglutinins. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 47, p. 293-299, 1995.
- OLIVEIRA, A. C. de 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, estaquiase e verbascose. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 51, p. 276-283, 2001.
- OSBORN, T. C. et al. A. Insecticidal activity and lectin homology of arcelin seed protein. **Science**, v. 240, p. 207-210, 1989.
- PETERSON, G. Evaluation of the biochemical targets of genistein in tumor cells. **Journal of Nutrition**, v. 125, p. 784-789, 1995. Supplement.
- PRICE, M. L.; HAGERMAN, A. E.; BUTLER, L. G. Tannin content of cowpeas, chickpeas, pigeon peas, and mung beans. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 28, p. 459-461, 1980.
- PROLL, J. et al. Low nutritional quality of unconventional tropical crop seeds in rats. **Journal of Nutrition**, v. 128, p. 2014-2022, 1998.
- PUSZTAI, A. Dietary lectins are metabolic signals for the gut and modulate immuno and hormone functions. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 47, p. 691-699, 1993.
- \_\_\_\_\_. Lectins. In: CHEEKE, P. R. **Toxicants of plant origin: proteins and amino acids**. Boca Raton: CRC Press, 1989. v. 3, p. 29-71.
- \_\_\_\_\_. Nutritional evaluation of kidney beans (*Phaseolus vulgaris*): chemical composition, lectin content and nutritional value of select cultivars. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 30, p. 843-848, 1979.
- PUSZTAI, A.; PALMER, R. Nutritional evaluation of kidney beans (*Phaseolus vulgaris*): the toxic principle. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 28, p. 620-623, 1977.
- QUINTANA, H. C. et al. Evaluación de la calidad de la proteína de 4 variedades mejoradas de frijol. **Revista Cubana de Hematología, Inmunología y Hemoterapia**, v.14, p. 22-27, 2002.
- RACKIS, J. J. Problems encountered in measuring trypsin inhibitor activity of soy flaw. **Cereal Science Today**, v. 19, p. 513-516, 1974.
- RACKIS, J. J.; GUMBMAN, M. R. Protease inhibitors: physiological properties and nutritional significance. In: ORY, R. L. **Antinutritional and natural toxicants in foods**. Westport: Food & Nutrition Press, 1982, p. 203-237.
- RAO, P. U.; DEOSTHALE, Y. G. Tannin content of pulses: varietal differences and effects of germination and cooking. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 33, p. 1013-1016, 1982.
- REDDY, N. R. et al. Dry bean tannins: a review of nutritional implications. **Journal of the American Oil Chemist's Society**, v. 62, p. 541-549, 1985.
- RUIZ, A.; COSTA, M.; CISNEROS, F. Utilización de enzimas en los procesos de obtención de leche y derivados de la soya. **Alimentaria**, v. 33, p. 127-132, 1995.
- SALUNKHE, D. K. et al. Chemical, biochemical, and biological significance of polyphenols in cereals and legumes. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 17, p. 277-305, 1982.
- SANDBERG, A. S.; CARLSSON, N. G.; SVANBERG, U. Effects of inositol tri-, tetra-, penta- and hexaphosphates on *in vitro* estimation of iron availability. **Journal of Food Science**, v. 54, p. 159-161, 1989.
- SANNI, A. I.; ONILUDE, A. A.; OGUNDOYE, O. R. Effect of bacterial galactosidase treatment on the nutritional status of soybean seeds and its milk derivative. **Nahrung: Chemie, Biochemie, Mikrobiologie, Technologie**, v. 41, p. 18-21, 1997.
- SATHE, S. K.; DESHPANDE, S. S.; SALUNKHE, D. K. Dry beans of *Phaseolus*: a review I. Chemical composition: proteins. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 20, p. 1-46, 1984.
- \_\_\_\_\_. Dry beans of *Phaseolus*: a review I. Chemical composition: proteins. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 20, p.1-46, 1984.
- SATHE, S. K.; SALUNKHE, D. K. Technology of removal of unwanted components of dry beans. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 21, p. 263-287, 1984.

- SCHWEIZER, T.; EDWARDS, C. A. **Dietary fibre - A component of food**. New York: Springer-Verlag, 1992. 354 p.
- SERRANO, J.; GOÑI, I. Papel del frijol negro *Phaseolus vulgaris* en el estado nutricional de la población guatemalteca. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 54, p. 36-44, 2004.
- SGARBIERI, V. C.; ANTUNES, P. L.; ALMEIDA, L. D. Nutritional evaluation of four varieties of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Food Science**, v. 44, p. 1306-1308, 1979.
- SHARON, N.; LIS, H. Lectins: cell-agglutinating and sugar-specific proteins. **Science**, v. 177, p. 949-959, 1972.
- SILVA, H. C. et al. Oligossacarídeos da família da rafinose e flatulência. **Cadernos de Nutrição**, v. 4, p. 48-60, 1992.
- SILVA, M. R.; SILVA, A. A. P. da. Aspectos nutricionais de fitatos e taninos. **Revista de Nutrição**, v. 12, p. 5-19, 1999.
- SINGLETON, V. L. Naturally occurring food toxicants: phenolic substances of plant origin common in food. **Advances in Food Research**, v. 27, p. 149-242, 1981.
- SINGLETON, V. L.; KRATZER, F. H. Plant phenolics. In: NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE. **Toxicants occurring naturally in foods**, 1973. p. 309-345.
- SOCORRO, M.; LEVY-BENSHIMOL, A.; TOVAR, J. *In vitro* digestibility of cereal and legume *Phaseolus vulgaris* starches by bovine, porcine and human pancreatic  $\alpha$ -amylases. **Starch/Staerke**, v. 41, p. 69-71, 1989.
- SOLTELO, A.; FLORES, F.; HERNANDEZ, M. Chemical composition and nutritional value of Mexican varieties of chickpea (*Cicer arietinum* L.) **Plant Food and Human nutrition**, v. 37, p. 299-306, 1987.
- SOMIARI, R. I.; BALOGH, E. Hydrolysis of raffinose and stachyose in cowpea (*Vigna unguiculata*) flour, using  $\alpha$ -galactosidase from *Aspergillus niger*. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 8, p. 564-566, 1992.
- TORRE, M.; RODRIGUEZ, A. R.; SAURA-CALIXTO, F. Effects of dietary fiber and phytic acid on mineral availability. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 1, p. 1-22, 1991.
- TOVAR, J.; BJÖRCK, I.; ASP, N. G. Digestibility of starch in legumes using the rat. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 46, p. 141-142, 1992.
- TRUGO, L. C. et al. Oligosaccharide composition and trypsin inhibitory activity of *Phaseolus vulgaris* and the effect of germination on the  $\alpha$ -galactoside composition and fermentation in the human colon. **Food Chemistry**, v. 36, p. 53-61, 1990.
- VASCONCELOS, I. M. et al. Purification and physicochemical characterization of soyatoxin, a novel toxic protein isolated from soybeans (*Glycine max*). **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 312, p. 357-366, 1994.
- VUNKSAN, V. et al. O. A novel source of wheat fibers and protejo: effect on fecal bulk and serum lipids. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 47, p. 367-379, 1999.
- WEI, H. et al. Antioxidant and antipromotional effects of the soybean isoflavone genistein. **Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine**, v. 208, p. 124-130, 1995.
- XAVIER-FILHO, J.; CAMPOS, F. A. P. Proteinase inhibitors. CHEEKE, P. R. **Toxicants of Plant Origin: Proteins and Amino Acids**. Boca Raton: CRC Press, v. 3, p. 1-27, 1989.
- YOKOYAMA, L. P. **Tendências de mercado e alternativas de comercialização do feijão**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, Comunicado Técnico, n. 43, 2002, 3 p.
- ZHOU, J. R.; ERDMAN, J. W. Breakmaking properties of composite flours of wheat and faba bean protein preparations. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 35, p. 495-508, 1995.

---

 Recebido em: 02/10/2007

Aceito em: 20/11/2007

Received on: 02/10/2007

Accepted on: 20/11/2007