

# CONSIDERAÇÕES SOBRE AS PROTEÍNAS DE FEIJÃO

Ricardo Gonçalves COELHO<sup>1</sup>

## RESUMO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é boa fonte de carboidratos, proteínas e outros nutrientes. Por conter teor elevado de proteínas em suas sementes e composição aminoacídica complementar às proteínas de cereais, essa leguminosa contribui para a melhoria do valor protéico das dietas de grande número de pessoas, especialmente nos países latino-americanos, onde dietas predominantemente compostas por leguminosas e cereais constituem a base da alimentação diária. Entretanto, suas proteínas apresentam algumas limitações quanto à qualidade. Esta breve revisão descreve aspectos relacionados com as proteínas de feijão.

*Termos de indexação:* proteínas, valor nutritivo, feijão.

## ABSTRACT

### ASPECTS OF BEAN (*PHASEOLUS VULGARIS* L.) PROTEINS

Beans are a good source of carbohydrates, proteins and other nutrients. They contribute to improve the protein

(1) Professor Assistente, Departamento de Nutrição da Universidade Federal de Ouro Preto, Campus Universitário, 35400 Ouro Preto, MG.

value of diets because of the high protein content of these seeds and the complementarity of its amino-acid composition related to that of cereal proteins. Cereal-legume based diets are eaten by several people, specially those from Latin America. Beans proteins, however, have nutritional limitations. Aspects related to the nutritive value of these proteins are briefly reviewed.

**Index terms:** proteins, nutritive value, beans.

## 1. INTRODUÇÃO

As sementes de leguminosas são amplamente cultivadas e consumidas em todo o mundo e, dependendo das condições climáticas de cada área, certos tipos tornaram-se predominantes em relação a outros. Na América Latina, o feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é a leguminosa mais consumida, fornecendo quantidades significativas de proteínas, calorias e outros nutrientes para as dietas de populações de regiões onde geralmente predominam a subnutrição e a desnutrição.

O gênero *Phaseolus* compreende todas as sementes conhecidas como feijão. A espécie *Phaseolus vulgaris* L. é a mais consumida e possui inúmeras variedades, como Rosa, Rosinha, Rajado, Preto, Jalo, Carioca, Roxo, Mulatinho, etc. O feijão do tipo adzuki pertence à espécie *P. angularis* e é utilizado em países orientais. O da variedade lima é consumido na África e na Ásia e pertence às espécies *P. lunatus* e *P. limensis*. O do tipo "mung beans" (*P. aureus*) é também comum na Ásia. Nota-se, portanto, que a identificação do feijão com base na classificação sistemática torna-se indispensável em consequência da sua ampla dispersão e da grande diversidade dos nomes regionais utilizados (KANAMORI et al., 1982).

A ingestão de feijão na América Latina situa-se em uma média de 30g/dia. No entanto, grandes variações na ingestão ocorrem de região para região e mesmo dentro de

um único país (FOOD..., 1971). Nicarágua (72,0g/dia), Brasil (64,4 g/dia) e México (54,7g/dia) são os países latino-americanos onde o consumo é mais elevado (FOOD..., 1966). No Brasil, certas áreas rurais do Nordeste chegam a apresentar um consumo médio diário de 200g, em muito superior à média nacional. Percebe-se, portanto, a importância do feijão para a nutrição dos brasileiros: um consumo médio diário de 60 a 70g per capita corresponde a suprir aproximadamente 30% da ingestão protéica do brasileiro (DUTRA DE OLIVEIRA, 1973).

BRESSANI (1988) observa que além de aumentar o teor protéico da refeição, o feijão contribui para melhorar em torno de 50 a 70% a qualidade das proteínas da dieta. Isto porque as proteínas de feijão são ricas em lisina, complementando as proteínas dos cereais, como arroz ou milho, sabidamente deficientes no aminoácido. O fato confere ao feijão uma importância nutricional excepcional, principalmente quando se considera a baixa ingestão de alimentos protéicos pela população de baixa renda, para quem a leguminosa se constitui em alimento diário.

No entanto, o valor nutritivo das proteínas de feijão é limitado por uma série de fatores. O conhecimento acerca da composição protéica das diferentes variedades, da natureza de suas proteínas e de suas propriedades nutricionais e antinutricionais assume relevância quando consideramos a contribuição do feijão para o estado nutricional de grande parte da população brasileira e latino-americana. Relacionar alguns desses aspectos é o objetivo desta revisão.

## 2. DESCRIÇÃO DAS PROTEÍNAS DE FEIJÃO

As proteínas de feijão são constituídas de dois tipos: metabólicas e de reserva. As primeiras englobam tanto enzimas responsáveis pela atividade celular normal, como gluteínas e outras proteínas estruturais ligadas a organelas e membranas celulares. As proteínas de reserva são fonte de

nitrogênio e carbono para a germinação e correspondem a 70-80% das proteínas totais presentes nas sementes (SATHE et al., 1978).

As proteínas são classificadas em albuminas, globulinas, prolaminas e glutaminas, com base na solubilidade. Como cada uma apresenta uma composição aminoácídica característica, a proporção relativa de cada uma delas nas sementes irá determinar a qualidade nutricional das proteínas totais presentes (JOHNSON & LAT, 1974).

As globulinas são proteínas de reserva nutricional, enquanto as albuminas são principalmente enzimas e proteínas ligadas ao metabolismo celular. Geralmente, as albuminas possuem maior valor biológico que as globulinas, por conterem maior teor de aminoácidos sulfurados e lisina. As proteínas restantes, glutelinas e prolaminas, estão fortemente ligadas a organelas e membranas celulares; são pouco estudadas e as informações sobre suas características e propriedades são escassas (BATTHY, 1982; SGARBIERI, 1989).

As proteínas do tipo globulina constituem maioria no feijão, ao passo que as albuminas estão presentes em menores quantidades. Juntas, representam mais de 80% do nitrogênio total das sementes. A proporção entre globulinas e albuminas varia com o tipo de feijão. Os dados relativos à proporção entre albuminas e globulinas nos diversos tipos de feijão mostram que as primeiras representam de 46 a 81% das proteínas, enquanto as albuminas correspondem entre 15 e 31% do total (SATHE et al., 1978).

Nos *P. vulgaris* as proteínas principais são globulina G1 e a fitoemaglutinina, armazenadas nos corpos protéicos e correspondentes respectivamente a 50 e a 10% das proteínas totais contidas nos cotilédones da semente madura (BOLLINI & CHRISPEELS, 1978).

As globulinas estão armazenadas em organelas denominadas *corpos protéicos*, estruturas circundadas por membrana lipoprotéica e constituídas por 70 a 80% de pro-

teínas, cerca de 10% de fitatos, cátions, ácidos nucléicos e teores variáveis de oxalatos, carboidratos (exceto amido), lipídios e tocoferóis. Durante o processo de maturação da semente, observa-se um aumento progressivo na síntese das proteínas de reserva, previamente glicosiladas no aparelho de Golgi e secretadas nos vacúolos ou vesículas endoplasmáticas, formando assim os corpos protéicos (SUN & HALL, 1975; DIECKERT, 1976; ERICSON & DELMER, 1978; PERNOLLET, 1978; SUN et al., 1978).

Outras globulinas estão presentes nos cotilédones, ainda que em menores proporções. A legumina, embora seja a principal proteína de reserva da maioria das leguminosas, está presente no feijão em menor quantidade. É pobre em aminoácidos sulfurados e rica em leucina, glicina e amidas. Globulinas menores também foram isoladas; no entanto, suas propriedades e características são ainda desconhecidas (DERBYSHIRE et al., 1976).

As lectinas formam nos *Phaseolus* um complexo sistema de glicoproteínas com propriedades eritro- e leuco-aglutinantes de intensidade variável. Podem apresentar atividade mitogênica, produzindo alterações morfológicas nos tecidos pela indução da aceleração do processo de divisão celular. São, portanto, responsáveis pela elevada toxicidade apresentada pelas sementes cruas de feijão. Constituem cerca de 10% do total de proteínas das sementes, sendo dois terços desse total composto por lectinas do tipo albuminas, também proteínas de reserva sintetizadas no período final do processo de maturação das sementes. Embora possam ser encontradas nas folhas em pequenas quantidades, são armazenadas, principalmente, no cotilédone das sementes, dentro e fora dos corpos protéicos. São também lectinas algumas proteínas estruturais das membranas dessa organelas (SGARBIERI & WHITAKER, 1982; GRANT et al., 1988).

Fora dos corpos protéicos, estão presentes inúmeras proteínas envolvidas no metabolismo do vegetal e igualmente importantes do ponto de vista nutricional: enzimas diversas,

inibidores de enzimas digestivas, algumas lectinas e também oligo- e polipeptídeos de baixo peso molecular. Entre estas, os inibidores de enzimas digestivas se destacam por serem um dos fatores responsáveis pela baixa digestibilidade apresentada pelas sementes de feijão, que limitam seu valor nutritivo. São de dois tipos principais: os inibidores de alfa-amilases e os inibidores de enzimas proteolíticas (SGARBIERI & WHITAKER, 1982).

As proteínas inibidoras de alfa-amilases estão presentes no feijão em teores variados. Pesquisadores brasileiros vêm estudando inibidores de amilases presentes em espécies de feijão cultivadas no País (SGARBIERI, 1980; FINARDI FILHO & LAJOLO, 1988; MENEZES & LAJOLO, 1988; TANIZAKI & LAJOLO, 1988). Observa-se, no entanto, que há muito pouco conhecimento acerca dos inibidores de alfa-amilases presentes no feijão, bem como de sua verdadeira importância nutricional (SGARBIERI, 1980).

Os inibidores de tripsina e quimotripsina concentram-se nas sementes, embora possam ser encontrados na folha do vegetal. Em geral, essas proteínas apresentam baixa qualidade nutricional em função de sua composição aminoácídica peculiar: teores reduzidos de metionina, glicina, valina, fenilalanina, tirosina e triptofano. São particularmente resistentes à desnaturação, sendo que alguns podem apresentar atividade mista, inibindo tanto a tripsina como a quimotripsina (SATHE et al., 1978. SGARBIERI & WHITAKER, 1982; SGARBIERI, 1989). Estudos realizados revelaram que os inibidores de proteases encontrados em feijão são muito semelhantes aos presentes na soja (SGARBIERI & WHITAKER, 1981; WHITAKER & SGARBIERI, 1981).

As diversas variedades de *P. vulgaris* apresentam grande variabilidade e complexidade entre suas frações protéicas. SATHE et al., 1978 destacam que, a despeito dos progressos alcançados na área da química molecular, muito pouco se conhece acerca das proteínas de feijão: (1) nenhuma das proteínas foi ainda seqüenciada; (2) ainda não foi conhe-

cida a base bioquímica que explicaria a grande diversidade existente entre as variedades e (3) o desconhecimento da composição dos m-RNA envolvidos na síntese protéica dificulta a realização de melhoramentos genéticos para aumentar a qualidade nutricional de suas proteínas.

### 3. VALOR NUTRITIVO

O feijão é considerado boa fonte protéica em função de seu teor de proteínas elevado em relação aos demais grãos. A qualidade de suas proteínas, no entanto, não é satisfatória.

#### 3.1 Teor protéico

Os resultados obtidos por diferentes pesquisadores que determinaram o teor protéico do feijão apresentam grandes variações, mesmo entre sementes de mesma variedade. Essas diferenças podem resultar do emprego de técnicas distintas de determinação, mas podem também refletir variações na composição química em função de fatores ambientais, como a localização geográfica, do grau de maturação em que o feijão foi colhido ou das condições e tempo de armazenamento. Diferenças no teor protéico ocorrem mesmo entre sementes individuais com relação a sua posição na planta: aquelas colhidas na porção superior do vegetal apresentam um teor protéico 18% menor, em média, que as colhidas nos nodos inferiores (TANDON et al., 1957; SATHE et al., 1978; TOBIN & CARPENTER, 1978).

MORAES & ANGELUCCI (1971) determinaram o teor protéico de doze variedades de feijão mais comumente encontradas no Brasil, obtendo um valor médio de 25%; o conteúdo protéico dos feijões estudados variou de 21,5% para o feijão Preto G1 a 28,3% para o Goiano Precoce.

Recentemente, SGARBIERI (1989) compilou os dados obtidos por nove diferentes pesquisadores no Brasil e no exterior, totalizando 51 variedades de feijão. O teor protéico variou de 18 a 29%. As variedades Piratã, Iguazu e Goiano Precoce continham teor protéico superior a 27%, enquanto as variedades Preto, Roxinho e Bico de Ouro, muito consumidas no País, apresentaram os menores teores, próximos a 21%. Jalo, Carioca e Mulatino continham entre 23 e 26% de proteínas. Deve-se salientar que muitos dos cultivares analisados são resultado de pesquisas agrônômicas que visam a melhoramentos na produtividade ou no valor nutritivo das sementes, incluindo-se aí a produção de variedades com maior conteúdo de proteínas.

### 3.2 Composição aminoacídica

As proteínas de feijão são sabidamente limitantes em aminoácidos sulfurados e triptofano, ricas em lisina e, muitas vezes, em treonina e fenilalanina (TANDON et al., 1957; AYKROID & DOUGHTY, 1964; JAFFÉ & HANNIG, 1965; FOOD..., 1966; JAMMALIAN & PELLET, 1968; FOOD..., 1970; MORAES & ANGELUCCI, 1971; JANSEN, 1973; JOHNSON & LAT, 1974; SATHE et al., 1978; SGARBIERI, 1980; BATTY, 1982; SGARBIERI & WHITAKER, 1982; SGARBIERI, 1989). Embora o teor de lisina esteja entre os mais altos encontrados nos cereais e nas leguminosas, as proteínas de feijão contêm aproximadamente 50% menos metionina que as proteínas de soja, que, em consequência, têm maior valor biológico (JOHNSON & LAT, 1974).

Estudos de KANAMORI et al. (1982) sobre a composição aminoacídica das proteínas de duas variedades de *P. vulgaris*, cultivadas em Burma e no México, mostraram que os teores de lisina, leucina e aminoácidos aromáticos totais encontrados superavam o padrão FAO/WHO 1973 (citado em MORAES & ANGELUCCI, 1971). Por outro lado, suas proteínas eram particularmente limitantes em metionina, triptofano e treonina e, em menor proporção, limitantes também em valina.



TANDON et al. (1957) determinaram a composição aminoacídica em 25 variedades de feijão de importância nutricional na América Central. Verificaram que o teor de lisina era elevado em todos os cultivares e que, da mesma forma, todos continham reduzidas quantidades de metionina e triptofano, cujos teores variavam de 0,80 a 1,39 mg% e de 0,56 a 0,94 mg% respectivamente.

A composição aminoacídica de doze variedades cultivadas no Brasil foi determinada por MORAES & ANGELUCCI (1971). Concluíram, por comparação com o padrão FAO/WHO 1973, que esses cultivares são ricos em lisina e treonina e limitantes em metionina, triptofano, leucina, isoleucina e valina.

TOBIN & CARPENTER (1978) compararam os dados sobre composição aminoacídica das proteínas de feijão obtidos por 51 pesquisadores com o padrão FAO/WHO 1973. Constataram que o feijão em geral contém excesso de lisina e é particularmente deficiente em aminoácidos sulfurados. No entanto, concluíram que outras deficiências aminoacídicas regularmente observadas não são, aparentemente, de relevância nutricional. Isso porque a simples adição de metionina é suficiente para elevar os valores do coeficiente de utilização protéica (PER) e da utilização protéica líquida (NPU) de maneira satisfatória, a despeito da digestibilidade reduzida. Da mesma forma, suas proteínas não apresentam resposta significativa perante suplementação com outros aminoácidos, ainda que com triptofano, segundo aminoácido limitante nas proteínas de feijão.

### 3.3 Digestibilidade

Estudos levados a termo com ratos em crescimento alimentados com feijão cru têm invariavelmente como resultado a ocorrência de pouco ou nenhum crescimento, além de elevada mortalidade entre os animais, em consequência da presença, nas sementes, de fatores tóxicos e antinutricionais.

Paralelamente, a reduzida digestibilidade das proteínas da leguminosa influencia negativamente o seu valor nutritivo.

O tratamento térmico inativa essas substâncias tóxicas e antinutricionais com maior ou menor intensidade, aumentando a digestibilidade e, conseqüentemente, melhorando o valor nutritivo do feijão. No entanto, essa melhoria está relacionada com fatores como temperatura, tempo de cocção e condições de armazenamento. A cocção do feijão promove aumento significativo na digestibilidade de suas proteínas, condicionado tanto pela temperatura e tempo de cocção, como pela umidade da amostra. MARQUES & LAJOLO (1981) constataram aumento significativo na digestibilidade *in vitro* após tratamento do feijão por 30 minutos a 121°C. Os valores de 17 a 40% de digestibilidade apresentados pelo feijão cru aumentaram para 69 e 72% após a cocção. BRENES et al. (1973) recomendam a imersão das sementes em água pelo período de uma noite, o que permitirá a cocção em condições mais brandas. Afirmam que a cocção a 121°C por 10 a 30 minutos é suficiente para que a digestibilidade e o valor nutritivo sejam elevados ao máximo e que a cocção caseira (por 4 horas e sem panela de pressão) tem efeito similar a autoclavagem, mas não inativa completamente os fatores antinutricionais.

TOBIN & CARPENTER (1978) e SATHE et al. (1978) relacionam os resultados de vários estudos sobre a qualidade protéica do feijão cozido, realizados com animais em crescimento. Os primeiros observam que a digestibilidade é de 77% em média, variando de 70 a 85%, inferior à de outras sementes leguminosas e da maioria dos alimentos vegetais, que apresentam uma digestibilidade média de 90%. Estudos sobre a digestibilidade dos feijões cozidos de cultivares brasileiros de *P. vulgaris* apresentam, no entanto, valores inferiores: uma variação de 52 a 72% (ANTUNES & SGARBIERI, 1979; SGARBIERI, 1979; SGARBIERI et al., 1979; SGARBIERI, 1980; SGARBIERI et al., 1982; DURIGAN, 1985; SGARBIERI et al., 1986; OLIVEIRA et al., 1987). Embora raros, experimentos reali-

zados com seres humanos têm tido resultados semelhantes àqueles obtidos com animais em crescimento: a digestibilidade aparente variou de 49,6 a 62,1% quando feijão cozido suplementado com 0,5% de metionina constituía a única fonte protéica da dieta oferecida aos doze adultos participantes do estudo (BRESSANI et al., 1984).

Diversas hipóteses têm sido formuladas para explicar a reduzida digestibilidade do feijão cozido, destacando-se:

a. *Presença residual de inibidores de enzimas digestivas*: alguns desses inibidores mostram-se resistentes à desnaturação térmica (SEIDL et al., 1969; JAFFÉ & BRUCHER, 1974; POWERS & WHITAKER, 1977; SGARBIERI et al., 1979, 1982; SGARBIERI & WHITAKER, 1982; DURIGAN, 1985; SGARBIERI, 1989). A farinha integral e a fração de albuminas do cultivar Rosinha G2 apresentam baixa digestibilidade, primariamente atribuída à presença de quantidades elevadas de um inibidor de tripsina e quimotripsina, particularmente resistente ao calor (SGARBIERI et al., 1979);

b. *Presença de proteínas resistentes à ação enzimática*: SEIDL et al. (1969) isolaram de uma variedade de *P. vulgaris* uma globulina extremamente resistente à hidrólise enzimática, mesmo após desnaturação por uréia ou calor, concluindo que ela deveria ser responsável pela reduzida digestibilidade da proteína total das sementes. A resistência ao ataque enzimático apresentada por essa globulina foi atribuída à sua conformação específica: uma molécula extremamente compactada, o que dificulta o pleno acesso das enzimas a seus sítios específicos de ataque hidrolítico. Tratamento térmico drástico ou utilização de reagentes capazes de romper as ligações dissulfídicas aumentaram substancialmente a proteólise;

c. *Ação de substâncias não-protéicas*: sítios hidrolíticos das proteínas podem ser bloqueados pela formação de certos tipos de ligações químicas entre aminoácidos de cadeias laterais e compostos normalmente presentes nas sementes,

como substâncias fenólicas, açúcares redutores, aldeídos e cetonas em geral, fitatos e alguns íons metálicos (SEIDL et al., 1969; JAFFÉ, 1973; ROMERO & RYAN, 1978; SGARBIERI, 1979, 1980; SGARBIERI et al., 1982; SGARBIERI & WHITAKER, 1982; BRESSANI et al., 1984).

A presença de taninos reduz a digestibilidade in vitro das proteínas de feijão (ROMERO & RYAN, 1978). As cascas das sementes apresentam menor digestibilidade que o feijão integral e seu endosperma, provavelmente em função de conterem teores relativamente elevados de componentes fenólicos e fitatos. Alimentos preparados a partir de feijão descascado apresentam melhor digestibilidade, sendo mais recomendados para programas de alimentação infantil, como a merenda escolar (JAFFÉ, 1973). Alguns estudos têm mostrado uma correlação inversa entre a pigmentação do feijão e sua digestibilidade (JAFFÉ, 1973; BRESSANI et al., 1984).

LANFER MARQUEZ & LAJOLO (1988), estudando a digestibilidade da globulina G<sub>1</sub> e das albuminas de feijão, sugeriram que o elevado teor de glicídios presente nessa frações (12 e 30% respectivamente) poderia induzir reações de condensação carbonil-amina, resultando na formação de estruturas não digeríveis pelas enzimas digestivas. Os autores observaram que os animais alimentados com feijão integral apresentaram excreção elevada de nitrogênio fecal (aproximadamente o dobro da excreção observada nos que receberam dieta de caseína), contribuindo assim para que as proteínas de feijão tenham um aproveitamento nutricional reduzido.

DE ANGELIS & OROZCO (1988), a partir de um estudo realizado com homens de 19 a 21 anos, constataram diminuição na digestibilidade da proteína, bem como redução no balanço de cálcio e zinco, quando os indivíduos receberam dietas compostas basicamente por arroz e feijão suplementados com alimentos de origem vegetal. Com base nesses resultados, os autores sugeriram o reestudo das recomendações de nutrientes para dietas que continham feijão.

### 3.4 Biodisponibilidade de aminoácidos

Além da reduzida digestibilidade e da deficiência em aminoácidos sulfurados e triptofano, as proteínas de feijão apresentam também baixa biodisponibilidade de aminoácidos sulfurados, particularmente metionina, o que contribui decisivamente para seu baixo valor nutritivo.

EVANS et al. (1974) constataram que ratos alimentados com feijão cozido excretavam nas fezes 49% da metionina e 25% da cisteína ingeridas. Observaram também que para promover bom crescimento dos animais a quantidade de metionina necessária para suplementação da proteína de soja era inferior à do feijão, apesar dos teores não muito diferentes desse aminoácido presentes em ambas as proteínas. Concluíram, portanto, que os aminoácidos da proteína dos feijões são pouco utilizados pelos ratos. Verificaram a existência de estreita correlação entre o PER e a biodisponibilidade dos aminoácidos sulfurados nas proteínas estudadas.

Num estudo posterior, EVANS & BAUER (1978) usaram a técnica de balanço metabólico em ratos para determinar a biodisponibilidade de metionina no 'Navy Bean' (*Phaseolus vulgaris* L.). Constataram que a metionina adicionada em suplementação era completamente absorvida pelos animais e que a biodisponibilidade de metionina no feijão era 50%.

SGARBIERI et al. (1982) vêm realizando estudos sobre a biodisponibilidade de metionina, encontrando, na maioria das variedades brasileiras de *Phaseolus vulgaris* pesquisadas, valores consideravelmente inferiores aos determinados por EVANS & BAUER (1978) para o 'Navy Bean'. DURIGAN (1985) estudou a biodisponibilidade de metionina em doze variedades brasileiras de *Phaseolus vulgaris*, encontrando valores que variavam de 23,9 a 40,2%.

SGARBIERI (1979) constatou que as várias frações protéicas do Rosinha G2 contêm diferentes teores de metionina biodisponível. As frações de albuminas e o resíduo insolúvel apresentaram, respectivamente, 5,8 e 4,6% de metio-

nina biodisponível. As globulinas, assim como a farinha integral e o isolado protéico total, apresentaram valores bem superiores de metionina disponível, 51, 46 e 34% respectivamente.

A biodisponibilidade dos aminoácidos sulfurados em proteínas de feijão é limitada por uma série de fatores, entre os quais se destaca a presença nas sementes de inúmeras substâncias de natureza antinutricional, como inibidores de proteases, polifenóis, fitatos e lectinas. As proteínas podem interagir com vários componentes da própria semente durante os processos de estocagem e processamento, bem como com componentes de natureza semelhante contidos em outros alimentos durante a digestão, como lipídios e seus produtos de oxidação, ácido fítico e seu sais, gossipol e diversos minerais. Conseqüentemente, pode ocorrer a formação de complexos não-assimiláveis pelo organismo ou mesmo a destruição de seus aminoácidos em graus variáveis, reduzindo assim a utilização de suas proteínas (SÄTHE et al., 1978; LIENER, 1980; SGARBIERI & WHITAKER, 1982; SGARBIERI, 1989). A biodisponibilidade dos aminoácidos sulfurados em proteínas de feijão pode também ser diminuída em função de fatores como tempo e condições de armazenamento (ANTUNES & SGARBIERI, 1979; DURIGAN, 1979).

A presença de agentes oxidantes pode contribuir para a redução da biodisponibilidade dos aminoácidos sulfurados, os quais podem interagir com produtos de oxidação de lipídios poliinsaturados. A armazenagem em condições de umidade elevada estimula a formação de compostos como peróxidos de linoleato nas sementes, que podem reagir com o grupo metionil; conseqüentemente verifica-se a formação de compostos carbonila resultantes da degradação dos peróxidos e perdas de metionina disponível nas sementes (TANNENBAUM et al., 1969).

Agentes antinutricionais, constituintes normais das sementes de feijão, contribuem para reduzir a biodisponibilidade de seus aminoácidos sulfurados. De um lado, inibidores

de proteases limitam a efetividade da proteólise durante o processo de digestão; de outro, lectinas não inativadas eventualmente presentes no endosperma podem causar ruptura das células do epitélio intestinal. Neste caso, pode-se verificar uma perda acentuada de nitrogênio endógeno paralelamente a uma desordem generalizada no intercâmbio de nutrientes, resultando em redução da eficiência do processo de retenção metabólica dos aminoácidos (SATHÉ et al., 1978; LASKOWSKI JÚNIOR & KATO, 1980; FIGUEIROA et al., 1984; GRANT et al., 1988; SGARBIERI, 1989).

Poucos estudos têm sido publicados acerca dos efeitos da temperatura e do tempo de cocção dos feijões sobre a biodisponibilidade dos aminoácidos sulfurados. Sabe-se que a cisteína não resiste a tratamentos térmicos moderados e, conseqüentemente, sua destruição implica em que parte da metionina disponível, já escassa nas sementes, seja desviada metabolicamente para a produção de cisteína, agravando a deficiência da primeira (KAKADE et al., 1969; TOBIN & CARPENTER, 1978; SGARBIERI, 1989). Por outro lado, sabe-se que o tratamento térmico reduz significativamente o teor de lisina disponível em conseqüência da ocorrência de reação de Maillard, resultando no bloqueio de grupamentos aminolaterais por compostos do tipo carbonil formados durante a oxidação das gorduras ou com grupos carboxílicos livres de aminoácidos como os ácidos glutâmico ou aspártico (BURR, 1973; SGARBIERI et al., 1982).

FORD & SALTER (1966) verificaram que o tratamento térmico tem efeito marcante sobre a disponibilidade dos aminoácidos sulfurados, influenciando sua liberação enzimática in vitro de forma específica em cada uma das frações de proteína de peixe estudada. Os diferentes sistemas enzimáticos testados apresentaram resultados semelhantes e, ao mesmo tempo, razoável correlação com ensaios biológicos (ratos), microbiológicos e químicos. Evidências indicaram que a velocidade e a extensão da liberação in vitro de lisina e de aminoácidos sulfurados eram provavelmente responsáveis pelo valor biológico característico de cada fração.

## 5. UTILIZAÇÃO DAS PROTEÍNAS

Em face do exposto, observa-se que grande número de fatores presentes nas sementes de feijão pode afetar a utilização de suas proteínas. Os valores de NPU, determinados em ensaios onde o feijão constitui a única fonte de proteína dietética, são inferiores a 50% na grande maioria dos cultivares estudados, muito baixos em relação aos valores de 70% ou mais verificados nas dietas mistas (TOBIN & CARPENTER, 1978).

TOBIN & CARPENTER (1978) analisaram os dados relativos à utilização das proteínas de *Phaseolus* obtidos por 28 pesquisadores. Os valores de PER para os feijões suplementados foram muito baixos, variando de 0,4 a 1,68. Os valores de NPU são igualmente reduzidos: um teor médio de 46, variando de 38 a 53. A suplementação com metionina elevou significativamente os valores médios de PER e NPU para 3 e 61 respectivamente.

SGARBIERI et al. (1982) estudaram a eficiência protéica das diferentes frações das proteínas do feijão Rosinha G2, com e sem suplementação com metionina. O PER variou de 0,50 para a fração albumina, a 0,98 para as globulinas; a suplementação com 3% de metionina e 2% de cisteína elevou os valores para 3,98 e 4,47 respectivamente.

Estudos sobre a utilização das proteínas de feijão em seres humanos são escassos. BLANCO et al. (1986) avaliaram a qualidade protéica de três variedades de feijão pelo método de balanço nitrogenado de curto prazo em 12 adultos. Encontraram grande variação entre indivíduos quanto à utilização das proteínas e constataram que a ingestão de um nível de 0,65 g/kg de proteína de feijão, suplementada com 0,5% de metionina, não mantinha o balanço nitrogenado, quando única fonte protéica da dieta. Os valores de NPU determinados foram 35,0, 31,6 e 37,2 para os feijões preto, vermelho e branco respectivamente.



Recentemente, novo cultivar brasileiro de *P. vulgaris*, o Carioca 80, apresentou um valor biológico próximo a 80%, superior ao encontrado em outros cultivares nacionais como o Rico 23 (59%), Piratã 1 (49%) ou mesmo o Carioca (39%), variedade que deu origem ao cultivar Carioca 80 (SGARBIERI et al., 1986). OLIVEIRA et al. (1987) constataram que o cultivar possui um teor elevado de metionina biodisponível, em relação ao valor médio de metionina observado para 100 linhagens puras de feijão.

Uma compreensão satisfatória acerca da composição e das propriedades bioquímicas e nutricionais das proteínas de feijão é fundamental para que estudos de melhoramento genético possam resultar na produção de linhagens mais produtivas e de valor protéico superior, beneficiando grandes parcelas da população carente dos países em desenvolvimento onde, fortuitamente, a leguminosa tem grande aceitação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTUNES, P. L. & SGARBIERI, V. C. Influence of time and conditions of storage on technological and nutrition properties of a dry bean (*Phaseolus vulgaris*) variety Rosinha G2. *Journal of Food Science*, Chicago, v. 44, p. 1703-1706, 1979.
- AYKROID, W. K. & DOUGHTY, J. *Legumes in human nutrition*. Roma: FAO, 1964. (FAO Nutrition Studies, 19)
- BATTHY, R. S. Albumin proteins of eight edible grain legume species: electrophoretic patterns and aminoacid composition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, v. 30, p. 620-622, 1982.
- BLANCO, A.; NAVARETTE, D. A.; BRESSANI, R.; BRAHAN, J. E.; BRENES, R. & ELIAS, G. Composición química y evaluación de la calidad de la proteína del frijol en humanos

- adultos por el método del balance nitrogenado de corto tiempo. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, Guatemala, v. 36, p.79-97, 1986.
- BOLLINI, R. & CHRISPHEELS, M. J. Characterization and subcellular localization of vicilin and phytohemagglutinin, the two major reserve proteins of *Phaseolus vulgaris* L. *Planta*, New York, v. 142, p.291-299, 1978.
- BRENES, R. G.; ELIAS, L. G.; MOLINA, M. R.; DE LA FUENTE, G. & BRESSANI, R. Changes in chemical composition and nutritive value of common beans and other legumes during house-cooking. In: JAFFÉ, W. G. (Ed.). *Nutritional aspects of common beans and other legume seeds as animal and human foods*. Caracas : Editorial Excelsior, 1973. p.93-108.
- BRESSANI, R. Factors that determine the nutritional value of dried beans: research needs. In: ORGANIZATION OF THE AMERICAN STATES. *Advances in bean research: chemistry, nutrition, technology*. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1988. p.1
- \_\_\_\_\_ ; HERNANDEZ, E.; NAVARETTE, D. & BRAHAM, J. E. Protein digestibility of methionine supplemented common beans (*Phaseolus vulgaris*) in adult human subjects. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, Guatemala, v. 34, p.640-653, 1984.
- BURR, H. K. Effect of storage on cooking qualities, processing and nutritive value of beans. In: JAFFÉ, W. G. (Ed.). *Nutritional aspects of common beans and other legume seeds as animal and human foods*. Caracas : Editorial Excelsior, 1973. p.81-91.
- DE ANGELIS, R. C. & OROZCO, G. A. Bioavailability in humans of selected nutrients from rice and bean diets. In: ORGANIZATION OF THE AMERICAN STATES. *Advances in bean research: chemistry, nutrition, technology*. São Paulo : Universidade de São Paulo, 1988. p.44-49.

- DERBYSHIRE, E.; WRIGHT, D. J. & BOUTER, D. Review: legumin and vicilin, storage proteins of legume seeds. *Phytochemistry*, Elmsford, v. 15, p.3-24, 1976.
- DIECKERT, J. F. The chemistry and cell biology of vacuolar protein of seeds. *Journal of Food Science*, Chicago, v. 41, p.475-482, 1976.
- DURIGAN, J. F. *Estudo da toxidez, composição e valor nutritivo de cultivares brasileiros de feijão (Phaseolus vulgaris)*. Campinas : UNICAMP, 1985. 154p. Tese (Doutorado).
- \_\_\_\_\_. *Influência do tempo e das condições de estocagem sobre as propriedades químicas e físico-mecânicas e nutricionais do feijão mulatinho (P. vulgaris L.)*. Campinas : UNICAMP, 1979. 81p. Tese (Mestrado).
- DUTRA DE OLIVEIRA, J. E. Studies on the nutritive value of common beans. In: JAFFÉ, W. G. (Ed.). *Nutritional aspects of common beans and other legume seeds as animal and human foods*. Caracas : Editorial Excelsior, 1973. p.1-23.
- ERICSON, M. C. & DELMER, D. P. Glycoprotein synthesis in plants: III. Interaction between UDP-N-acetyl glucosamine and GDP-mannose as substrates. *Plant Physiology*, Rockville, p.819-823, 1978.
- EVANS, R. J. & BAUER, D. H. Studies on the poor utilization by the rat of methionine and cystine in heated dry bean seed (*Phaseolus vulgaris*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, v. 26, p.779-784, 1978.
- \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_; SISAK, K. A. & RYAN, P. A. The availability for the rat of methionine and cystine contained in heated dry bean seed. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, v. 22, p.130-133, 1974.
- FIGUEIROA, M. O. R.; MANCINI FILHO, J. & LAJOLO, F. M. Ação antinutricional das fitohemaglutininas de *Phaseolus vulgaris* L.. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, Guatemala, v. 34, p.488-499, 1984.

- FINARDI FILHO, F. & LAJOLO, F. M. Isolation and characterization of the amylase inhibitor of the black bean (*Phaseolus vulgaris*). In: ORGANIZATION OF THE AMERICAN STATES. *Advances in bean research: chemistry, nutrition, technology*. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1988. p.205-214.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. *Aminoacid content of foods and biological data on proteins*. Roma: 1970. 285p. (FAO Nutritional Studies, 24).
- \_\_\_\_\_. *Food balance sheets, 1960-1962*. Roma : FAO, 1966.
- \_\_\_\_\_. *Food balance sheets, 1964-1966*. Roma : FAO, 1971.
- FORD, J. E. & SALTER, D. N. Analysis of enzymically digested food proteins by Sephadex-Gel filtration. *British Journal of Nutrition*, Cambridge, v. 20, p.843-860, 1966.
- GRANT, G.; OLIVEIRA, J. T. A. de & PUZTAI, A. Toxicity of kidney bean (*Phaseolus vulgaris*) lectins. In: ORGANIZATION OF THE AMERICAN STATES. *Advances in bean research: chemistry, nutrition, technology*. São Paulo : Universidade de São Paulo, 1988. p.81-100.
- JAFFÉ, W. G. Toxic factors in beans: their practical importance. In: JAFFÉ, W. G. (Ed.). *Nutritional aspects of common beans and other legume seeds as animal and human foods*. Caracas: Editorial Excelsior, 1973. p.199-209.
- \_\_\_\_\_. & BRUCHER, R. El contenido de nitrógeno total y aminoácidos azufrados en diferentes líneas de frijoles (*Phaseolus vulgaris*). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, Guatemala, v. 24, p.107-114, 1974.
- \_\_\_\_\_. & HANNING, H. Fractionation of proteins from kidney beans (*Phaseolus vulgaris*). *Archives of Biochemistry and Biophysics*, San Diego, v. 109, p.80-86, 1965.

- JAMMALIAN, J. & PELLET, P. L. Nutritional value of Middle Eastern foodstuffs : aminoacid composition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Oxford, v. 19, p.378-383, 1968.
- JANSEN, G. R. Aminoacid supplementation of common beans and other legumes. In: JAFFÉ, W. G. (Ed.). *Nutritional aspects of common beans and other legume seeds as animal and human foods*. Caracas : Editorial Excelsior, 1973.
- JOHNSON, V. A. & LAT, C. L. Genetic improvement of plant proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, v. 22, p.558-566, 1974.
- KAKADE, M. L.; ARNOLD, R. L. ; LIENER, I. E. & WAIBEL, P. E. Unavailability of cystine from tripsin inhibitors as a factor contributing to the poor nutritive value of Navy beans. *Journal of Nutrition*, Bethesda, v. 99, p.34-42, 1969.
- KANAMORI, M.; IKEUCHI, T.; IBUKI, F.; KOTARU, M. & KAN, K. K. Aminoacid composition of protein fractions extracted from *Phaseolus* beans and the Field beans (*Vicia faba* L.). *Journal of Food Science*, Chicago, v. 47, p.1991-1994, 1982.
- LANFER MARQUEZ, U. M. & LAJOLO, F. M. Digestibility of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) albumins and globulin G1: contribution of endogenous nitrogen and sulfur. In: ORGANIZATION OF THE AMERICAN STATES. *Advances in bean research: chemistry, nutrition, technology*. São Paulo : Universidade de São Paulo, 1988. p.3-21.
- LASKOWSKI JUNIOR, M. & KATO, I. Protein inhibitors of proteinases. *Annual Review of Biochemistry*, Palo Alto, v. 49, p.593-623, 1980.
- LIENER, I. E. Toxic constituents of plant foodstuffs. 2<sup>nd</sup> ed. New York : Academic Press, 1980. 502p.
- MARQUES, V. M. L. & LAJOLO, F. M. Composition and digestibility of albumins, globulins and glutelins from *Phaseolus vulgaris*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, v. 29, p.1068-1074, 1981.

- MENEZES, E. W. & LAJOLO, F. M. Inhibition of starch digestion by a black bean alpha-amylase inhibitor, in normal and diabetic rats. In: ORGANIZATION OF THE AMERICAN STATES. *Advances in bean research: chemistry, nutrition, technology*. São Paulo : Universidade de São Paulo, 1988. p.216-226.
- MORAES, R. M. de & ANGELUCCI, E. Chemical composition and aminoacid contents of brazilian beans (*Phaseolus vulgaris*). *Journal of Food Science*, Chicago, v. 36, p.493-494, 1971.
- OLIVEIRA, A. C. de; SAWAZAKI, H. E. & GALEAZZI, M. A. M. Extração, caracterização parcial e aspectos nutricionais do feijão Carioca 80 (*Phaseolus vulgaris*). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, Guatemala, v. 47, p.88-100, 1987.
- PERNOLLET, J. C. Protein bodies of seeds: ultrastructure, biochemistry, biosynthesis and degradation. *Phytochemistry*, Elmsford, v. 17, p.1473-1480, 1978.
- POWERS, J. R. & WHITAKER, J. R. Purification and some physical and chemical properties of Red Kidney bean (*Phaseolus vulgaris*) alpha-amylase inhibitor. *Journal of Food Biochemistry*, Westport, v. 1, p.217-238, 1977.
- ROMERO, J. & RYAN, D. S. Susceptibility of the major storage protein of the bean *Phaseolus vulgaris* to in vitro enzymatic hydrolysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, v. 26, p.784-788, 1978.
- SATHE, S. K.; DESHPANDE, S. S. & SALUNKE, D. K. Dry beans of *Phaseolus*. A review. Part-I: Chemical composition: proteins. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, Boca Raton, v. 20, p.1-46, 1978.
- SEIDL, D.; JAFFÉ, M. & JAFFÉ, W. G. Digestibility and proteinase inhibitory action of a kidney bean globulin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington. v. 17, p.1318-1321, 1969.
- SGARBIERI, V. C. Composition and nutritive value of beans. *World Review of Nutrition and Dietetics*, Basel, v. 60, p.132-198, 1989.

- SGARBIERI, V.C. Estudo do conteúdo e algumas características das proteínas em sementes de plantas da família Leguminosae. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v. 32, p.78-84, 1980.
- \_\_\_\_\_. Propriedades físico-químicas e nutricionais de proteínas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), var. Rosinha G2. Campinas: UNICAMP, 1979. 207p. Tese (Livre-Docência).
- \_\_\_\_\_; ANTUNES, P. L. & ALMEIDA, L. D. Nutritional evaluation of four varieties of dry bean (*Phaseolus vulgaris*). *Journal of Food Science*, Chicago, v. 44, p.1306-1309, 1979.
- \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_ & JUNQUEIRA, R. G. Algumas propriedades físico-químicas e nutricionais das proteínas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), var. Rosinha G2. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 2, p.1-20, 1982.
- \_\_\_\_\_; TEZOTO, S. & OLIVEIRA, A. C. de. Estudo da composição e do valor nutritivo de um novo cultivar de feijão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 1986, Brasília. *Anais*.
- \_\_\_\_\_; & WHITAKER, J. R. Partial characterization of trypsin-chymotrypsin inhibitors from bean (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Rosinha G2: chemical and physical properties. *Journal of Food Biochemistry*, Westport, v. 5, p.215-232, 1981.
- \_\_\_\_\_; & \_\_\_\_\_. Physical, chemical and nutritional properties of common bean (*Phaseolus*) proteins. *Advances in Food Research*, New York, v. 28, p.93-166, 1982.
- SUN, S. M. & HALL, T. C. Solubility characteristics of globulins from *Phaseolus* seeds in regard to their isolation and characterization. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, v. 23, p.184-189, 1975.

- SUN, S. M.; MUTSCHLER, M. A.; BLISS, F. A. & HALL, T. C. Protein synthesis and accumulation in bean cotyledons during growth. *Plant Physiology*, Rockville, v. 61, p.918-923, 1978.
- TANDON, O. B.; BRESSANI, R.; SCRIMSHAW, N. S. & Le BEAU, F. Nutrients in Central America beans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, v. 5, p.137-142, 1957.
- TANIZAKI, M. M. & LAJOLO, F. M. Interaction of the amylase inhibitor with alpha-amylase kinetics and effect of chemical modifications of the enzyme. In: ORGANIZATION OF THE AMERICAN STATES. *Advances in bean research: chemistry, nutrition, technology*. São Paulo : Universidade de São Paulo, 1988. p.215.
- TANNENBAUM, S. R.; BARTH, H. & Le ROUX, J. P. Loss of methionine in casein during storage with autoxidizing methyl linoleate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, v. 17, p.1353-1354, 1969.
- TOBIN, G. & CARPENTER, K. J. The nutritional value of the dry bean (*Phaseolus vulgaris*): a literature review. *Nutrition Abstracts and Reviews, Series A*, Slough, v. 48, p.919-936, 1978.
- WHITAKER, J. R. & SGARBIERI, V. C. Purification and composition of the trypsin-chymotrypsin inhibitors of *Phaseolus vulgaris* L. var. Rosinha G2. *Journal of Food Biochemistry*, Westport, v. 5, p.197-213, 1981.

Recebido para publicação em 2 de outubro de 1990.