

**LINHAGENS DE FEIJÃO: COMPOSIÇÃO
QUÍMICA E DIGESTIBILIDADE PROTÉICA**

FABRÍCIO RIVELLI MESQUITA

2005

FABRÍCIO RIVELLI MESQUITA

**LINHAGENS DE FEIJÃO: COMPOSIÇÃO QUÍMICA E
DIGESTIBILIDADE PROTÉICA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-graduação “Stricto Sensu” em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientadora

Profa. Dra. Angelita Duarte Corrêa

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2005**

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Mesquita, Fabrício Rivelli

Linhagens de feijão: composição química e digestibilidade protéica / Fabrício Rivelli Mesquita. -- Lavras : UFLA, 2005.

44 p. : il.

Orientadora: Angelita Duarte Corrêa.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Feijão. 2. Nutrientes. 3. Antinutrientes. 4. Digestibilidade protéica.I.
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-635.652

FABRÍCIO RIVELLI MESQUITA

**LINHAGENS DE FEIJÃO: COMPOSIÇÃO QUÍMICA E
DIGESTIBILIDADE PROTÉICA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-graduação “Stricto Sensu” em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 09 de agosto de 2005.

Profa. Dra. Celeste Maria Patto de Abreu **UFLA**

Prof. Dr. Evaristo Mauro Castro **UFLA**

Profa. Dra. Rosemary G. A. F. Pereira **UFLA**

Profa. Dra. Angelita Duarte Corrêa
UFLA
(Orientadora)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

DEDICO

A Deus, por tudo que nos fez e pelo que ainda fará.

Aos meus pais, Geraldo Sebastião Mesquita e Heloísa Auxiliadora Rivelli Mesquita, pelo amor, dedicação e afeto ao longo de suas vidas e por acreditarem em meus projetos.

Ao meu irmão, Flávio Rivelli Mesquita, pelo incentivo e carinho.

A todos familiares (tios, padrinhos e primos) que me apoiaram.

AGRADECIMENTOS

A Deus.

Aos meus pais e a meu irmão, que sempre foram modelos de persistência.

À Profa. Dra. Angelita Duarte Corrêa pela orientação, paciência, amizade e ensinamentos transmitidos.

Às minhas co-orientadoras, Profa. Dra. Celeste Maria Patto de Abreu e pesquisadora Dra. Ângela de Fátima Barbosa Abreu, pelos ensinamentos.

Ao Prof. Dr. Evaristo Mauro Castro (Departamento de Biologia) e a sua esposa Leide pelo incentivo, força e amizade.

A todos os professores do Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA) pela brilhante e fascinante formas como conduzem seus ensinamentos.

Ao Prof. Magno Antônio Patto Ramalho (Departamento de Biologia) pelas amostras cedidas, colaboração, incentivo e confiança.

À Profa. Dra Rosemary G. F. A. Pereira pela sua amizade, confiança e pela infra-estrutura cedida.

Aos meus grandes amigos, João Vicente Neto e sua esposa Mercê, por tudo que fizeram, pela amizade e confiança (pelos almoços e jantares).

Aos companheiros de longas datas, Vanderley de Almeida e Luiz José Rodrigues, pela amizade, companheirismo e lealdade.

Ao meu primo (irmão) Rodrigo Rivelli pelo apoio, carinho e amizade.

A Rafaella Zambaldi Lima, bolsista de iniciação científica, pelo auxílio e dedicação para o desenvolvimento desse trabalho.

Aos laboratoristas e funcionários do DCA, Helena, Tina, Sandra, Cleusa, Sr. Miguel, e aos do DQI, Xulita, Dona Nilda e Mirian, por toda a atenção e dedicação.

SUMÁRIO

Página

RESUMO	i
ABSTRACT	ii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Produção de feijão	3
2.2 Cultivares	4
2.3 Melhoramento genético	6
2.4 Constituintes químicos	7
2.4.1 Proteínas e digestibilidade	8
2.4.2 Minerais	11
2.4.3 Fibras	12
2.4.4 Compostos fenólicos	13
2.4.5 Inibidores de tripsina	14
3 MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1 Linhagens de feijão	16
3.2 Preparo das amostras	16
3.3 Análises	16
3.3.1 Composição centesimal	16
3.3.2 Minerais	20
3.3.3 Digestibilidade protéica <i>in vitro</i>	20
3.3.4 Compostos fenólicos	20
3.3.5 Inibidor de tripsina	21
3.4 Análise estatística	21
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	22

4.1 Seleção das linhagens de feijão em função dos teores de proteína bruta	22
4.2 Composição centesimal.....	22
4.3 Minerais	25
4.4 Digestibilidade protéica <i>in vitro</i> e fatores antinutricionais	30
5 CONCLUSÕES.....	34
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35
ANEXO.....	42

RESUMO

MESQUITA, Fabrício Rivelli. **Linhagens de feijão: composição química e digestibilidade protéica**. 2005. 44p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG.

O feijão representa a principal fonte de proteínas para as populações de baixa renda, e com a finalidade de fornecer informações aos melhoristas, foram analisadas 93 linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em relação aos teores de proteínas visando encontrar linhagens mais ricas neste nutriente. As linhagens de feijão foram fornecidas pelo Departamento de Biologia/Setor de Genética e Melhoramento de Plantas da Universidade Federal de Lavras. Os feijões foram moídos e as farinhas armazenadas em embalagens de sacos plásticos e guardadas sob refrigeração até as análises. Determinaram-se os teores de umidade e proteína bruta nas 93 linhagens selecionando 21, sendo 11 linhagens com os menores teores protéicos e 10 com os mais elevados. Essas 21 linhagens foram analisadas quanto a composição centesimal e mineral, compostos fenólicos, inibidor de tripsina e medida da digestibilidade protéica *in vitro*. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com três repetições. O teor de proteína bruta variou de 22,34 a 36,28 g/100g de matéria seca (MS); o de FDN de 7,56 a 20,91g/100 g MS; o de extrato etéreo de 0,53 a 2,55 g/100 g MS e o de cinzas de 2,97 a 4,87 g/100 g MS. Os teores, em g/100 g MS, de P, K, Ca, Mg e S variaram de 0,45 a 0,72 ; 1,51 a 2,48 ; 0,03 a 0,28; 0,18 a 0,34 e 0,28 a 0,45, respectivamente. Já os teores de Cu, Mn, Zn e Fe, em mg/kg MS, variaram de 11,37 a 17,73; 14,93 a 28,90; 36,67 a 69,90 e 71,37 a 126,90, respectivamente. A digestibilidade protéica *in vitro* variou de 18,03% a 48,32%. Os teores de compostos fenólicos variaram de 0,28 a 1,08 mg de ácido tânico/100 g de MS e os de inibidor de tripsina de 59,93 a 151,07 UTI/mg de MS. Entre as linhagens com maiores teores protéicos a “ESAL 569” (bege com rajas marrons) apresenta a maior digestibilidade protéica e também níveis consideráveis de minerais. A “P-180” (bege com rajas marrons) está entre as linhagens com teores mais elevados de proteína bruta e entre as de maiores digestibilidade, além de apresentar teores elevados para a maioria dos minerais. Não foi observada nenhuma relação entre a digestibilidade da proteína e os teores de compostos fenólicos e inibidor de tripsina.

Comitê Orientador: Dra. Angelita Duarte Corrêa - UFLA (Orientadora), Dra. Ângela de Fátima Barbosa Abreu (EPAMIG/UFLA) e Dra. Celeste Maria Patto de Abreu – UFLA.

ABSTRACT

MESQUITA, Fabrício Rivelli. **Bean lineages: chemical composition and protein digestibility**. 2005. 44p. Dissertation (Master of Food Science) - Federal University of Lavras, Lavras - MG.

The bean represents the main source of proteins for the populations of low income, and with the purpose of supplying information to the researchers, 93 bean lineages (*Phaseolus vulgaris* L.) were analyzed in relation to the levels of proteins seeking to find richer lineages in this nutritious one. The bean lineages were supplied by the Department of Biology/Sector of Genetics and Improvement of Plants of the Federal University of Lavras. The beans were triturated and the flours stored in packings of plastic sacks and kept in cooling until the analyses. The moisture and crude protein levels were determined in the 93 lineages selecting 21, being 11 lineages with the smallest levels protein and 10 with the highest. Those 21 lineages were analyzed as the centesimal and mineral composition, phenolic compounds, trypsin inhibitor and measure of the *in vitro* protein digestibility. The used experimental delyneament was it entirely maybe, with three repetitions The level of crude protein varied from 22.34 to 36.28 g/100g of dry matter (DM); the one of FDN from 7.56 to 20.91g/100 g DM; the one of ethereal extract from 0.53 to 2.55 g/100 g DM and the one of ashes from 2.97 to 4.87 g/100 g DM. The levels, in g/100g DM, of P, K, Ca, Mg and S varied from 0.45 a 0.72 ; 1.51 a 2.48 ; 0.03 a 0.28; 0.18 a 0.34 e 0.28 a 0.45, respectively. Already the levels of Cu, Mn, Zn and Fe, in mg/kg DM, they varied from 11.37 to 17.73; 14.93 to 28.90; 36.67 to 69.90 and 71.37 to 126.90, respectively. The protein digestibility *in vitro* varied from 18.03% to 48.32%. The levels of phenolic compounds varied from 0,28 to 1,08 mg of acid tanic/100 g DM and the one of trypsin inhibitor from 59.93 to 151.07 UTI/mg DM. Among the lineages with larger levels proteins "ESAL 569" (beige with brown stripe) it presents the largest protein digestibility and also considerable levels of minerals. "P-180" (beige with brown stripe) it is among the lineages with higher levels of crude protein and among the one of larger digestibilities, besides presenting high levels for most of the minerals. Any relationship was not observed between the digestibility of the protein and the levels of phenolic compounds and trypsin inhibitor.

Committee Advisory: Dra. Angelita Duarte Corrêa - UFLA (Adviser), Dra. Ângela de Fátima Barbosa Abreu (EPAMIG/UFLA) e Dra. Celeste Maria Patto de Abreu – UFLA.

1 INTRODUÇÃO

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

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

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

Na alimentação dos brasileiros, o feijão é a principal fonte de proteína, seguido, em importância, pela carne bovina e pelo arroz, os quais contribuem com 70% da ingestão protéica. Além de ser uma cultura de grande expressão sócio-econômica no Brasil, a importância alimentar do feijão se deve, especialmente, ao menor custo de sua proteína em relação aos produtos de origem animal. Por isso, ele continua sendo prioridade nas pesquisas.

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

desejáveis, como facilidade de cocção, boa palatabilidade, textura macia do tegumento, capacidade de produzir caldo claro e denso após o cozimento.

Assim, com a finalidade de oferecer informações aos melhoristas, este trabalho teve como objetivo selecionar linhagens de feijão através da análise de sua proteína. Nas linhagens escolhidas determinou-se a composição química e a digestibilidade da proteína.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Produção de feijão

O feijão é um dos alimentos encontrados em maior quantidade em todo o território nacional e é cultivado em quase todos os países. É classificado em dois grupos, considerando o gênero ou espécie: Grupo I – feijão Anão (comum), da espécie *Phaseolus vulgaris*; e Grupo II – feijão de Corda, do gênero *Vigna*. Os feijões mais consumidos no Brasil pertencem à família Fabaceae e à espécie *Phaseolus vulgaris* L.

A importância social do feijão como alimento substituto de proteínas animais e o consumo generalizado pela população brasileira justificam o esforço de pesquisa no sentido de obter melhores níveis de produtividade e a garantia do abastecimento interno do produto (Agridata, 2000).

No Estado de Minas Gerais, o feijão é cultivado em três épocas distintas:

- a) safra das águas ou 1^a safra: cultivo no início das águas, concentrando-se nos meses de outubro e novembro. Em casos excepcionais de atraso do início das chuvas, o plantio pode se estender até a primeira quinzena de dezembro, sendo o plantio realizado de forma solteira ou em consórcio, especialmente com o milho;
- b) safra da seca ou 2^a safra: cultivo concentrado no mês de fevereiro, podendo se estender até a primeira quinzena de março. Em casos excepcionais de chuva, o plantio pode ser feito de forma solteira ou em consórcio de substituição com o milho ou intercalado com outras culturas, com ou sem irrigação;
- c) safra de inverno ou 3^a safra: cultivo exclusivamente irrigado, no período de abril a junho, com maior concentração em maio (Agridata, 2000).

A demanda por feijão tem aumentado porque a população cresce à razão de 1,8 % ao ano; conseqüentemente, para manter o consumo anual em 14 kg per capita, o Brasil precisa aumentar anualmente sua produção em torno de 50.000

toneladas de feijão ou o equivalente a 250.000 hectares de novas terras para cultivo (Thung et al., 2000).

A cultura do feijão tem enorme importância social e econômica no Estado de Minas Gerais, pois é cultivada em quase 300 mil propriedades, em uma área total superior a 500 mil hectares. Na sua condução, demanda 7,5 milhões de dias/homem, sendo, portanto, uma grande empregadora de mão-de-obra (Ramalho & Abreu, 2002).

A produção brasileira de feijão, nos últimos oito anos, oscilou entre 2,2 e 3,4 milhões de toneladas, observando-se um decréscimo da área plantada, com crescimento da produção e aumento de produtividade. O mercado para grãos de feijão diferentes do carioca e preto está crescendo no Brasil em virtude da procura das empresas empacotadoras por um produto diferenciado em qualidade e tipo de grão, para atender a um segmento da população de maior poder aquisitivo (Del Peloso et al., 2002).

A Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2005) estimou uma produção total de 2,838 milhões de toneladas para 2004/2005, com uma produtividade de 726 kg/ha.

Há no Estado um enorme contraste nos sistemas de produção utilizados. De um lado estão agricultores tipicamente de subsistência, com praticamente nenhum emprego de insumos e que reutilizam os grãos colhidos como sementes por várias gerações. No extremo oposto estão empresários rurais que cultivam a leguminosa em grandes áreas sob irrigação e adotam todas as tecnologias disponíveis (Ramalho & Abreu, 2002).

2.2 Cultivares

Os grãos de leguminosas vêm sendo utilizados na alimentação humana desde a invenção da agricultura, provavelmente há cerca de 10.000 anos. A espécie *Phaseolus vulgaris* apresenta dois centros primários de origem. O

primeiro e mais importante é localizado na América Central, no México e na Guatemala; o outro se localiza na Ásia Tropical. A espécie *Phaseolus vulgaris* L., originária do primeiro, era cultivada pelos indígenas pré-colombianos do Canadá até o Chile e Argentina. Sua domesticação ocorreu há mais de 7.000 anos (Castellane et al., 1988; Vieira, 1992).

São inúmeras linhagens de feijão cultivadas no Brasil. A exigência do mercado quanto à cor e ao tipo de grãos é variável de região para região. Por exemplo, no Rio Grande do Sul, em certas regiões de Santa Catarina e Paraná, Rio de Janeiro e Espírito Santo, a preferência é pelo feijão preto. Em São Paulo e em algumas regiões de Minas Gerais a preferência é pelo feijão de cor, principalmente o mulatinho, o roxinho e o pardo (Moura, 1998).

No Estado de Goiás são cultivados vários tipos de feijões, mas predomina o tipo carioca. Em Minas Gerais são recomendados alguns cultivares com esse tipo de grão, como Pérola, Aporé, Carioca MG, Rudá e IAC-Carioca (Ramalho & Abreu, 2002).

Um grande contingente de agricultores não utiliza sementes fiscalizadas. Estima-se que apenas 10% da área seja cultivada com esse tipo de semente. Assim, a utilização de sementes com boa qualidade fisiológica e de cultivares que sejam recomendadas deve contribuir para maior estabilidade e aumento na produtividade de grãos, já que a semente de má qualidade pode ser veículo de disseminação de vários patógenos (Ramalho & Abreu, 2002).

Devido à grande diversidade de preferências dos consumidores quanto ao tipo, é natural que certas áreas se especializem na produção de feijões de determinadas cores, tamanhos, formas e brilhos, obedecendo às exigências do mercado local. Dentro de uma área, pode-se encontrar diversas variedades da mesma cor ou tipo. Com frequência, a variedade não passa de mistura de feijões da mesma cor, às vezes com tamanho e brilhos diferentes.

2.3 Melhoramento genético

O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma espécie pertencente à família Fabaceae, originada nas Américas, possuindo múltiplos centros de domesticação independentes. É uma planta anual, de dias curtos e baixas altitudes, porém encontrada nas mais diversas condições em vários países do mundo (Rosal, 1999).

Há evidências de que fatores ambientais, tais como localização geográfica e estação do ano, podem influenciar significativamente o conteúdo protéico de feijões (Sathe et al., 1984). A variação do teor de nitrogênio e, conseqüentemente, de proteínas totais ocorreu não somente nas diferentes variedades da mesma procedência, mas também na mesma variedade de procedência diferente, mostrando, portanto, a influência do meio sobre a formação da semente (Silva & Iachan, 1975).

Com o objetivo de aumentar o valor nutricional de sementes de leguminosas, tem-se utilizado a manipulação genética controlada das proteínas. O controle genético do conteúdo protéico total é complexo. A variação da porcentagem de proteínas não é apenas dependente da expressão genética que controla a síntese e o acúmulo de frações específicas de proteínas, mas também de genes que controlam outros fatores, como aquisição de nutrientes, vigor da planta, maturação, tamanho da semente, síntese e acúmulo de amido na semente (Osborn, 1988).

Para aliviar a deficiência de proteínas na alimentação humana, aliado ao baixo custo do feijão tem-se dado maior atenção à sua exploração, além da realização de pesquisas para maior desenvolvimento da produção de linhagens por hibridação, com o intuito de eliminar a desnutrição protéica em países em desenvolvimento (Saikia et al., 1998). Inclusive os melhoristas procuram por linhagens com níveis protéicos mais elevados e com maiores digestibilidades.

2.4 Constituintes químicos

Barampama & Simard (1993), pesquisando sobre a composição nutricional, qualidade da proteína e fatores antinutricionais de algumas variedades de feijões secos (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivados em Burundi, averiguaram que a composição centesimal do feijão varia de acordo com o local do plantio, os fatores ambientais e a cultivar.

Bunch (1959), comentando sobre condições de armazenamento, cita que, para o feijão, a umidade é um fator importantíssimo na manutenção da qualidade, tanto para aquele que será utilizado como sementes como para aquele que será destinado ao consumo após o armazenamento. Uma das principais causas da perda da qualidade fisiológica das sementes do feijoeiro é o seu alto teor de umidade, inadequado para o armazenamento. Após a colheita do feijão, torna-se necessário a sua secagem para que possa ocorrer um teor de umidade adequado ao armazenamento, que varia de 13 a 14%.

Sartori (1996) relata que a temperatura de armazenamento e a atividade de água no feijão são fatores-chave na velocidade e intensidade da perda de qualidade. A deterioração do feijão durante o armazenamento em condições ambientais caracteriza-se pelo aumento no tempo necessário para cozimento e no grau de dureza, mudança no sabor e escurecimento do tegumento em algumas cultivares. Uma das principais causas da perda da qualidade fisiológica das sementes do feijoeiro é o seu alto teor de umidade.

No armazenamento também ocorrem mudanças na composição química dos grãos de feijão. Durante a estocagem ocorre uma deterioração gradual, irreversível e cumulativa, cuja velocidade depende do ambiente, do produto em si e de sua condição no início do armazenamento (Sartori, 1996). A qualidade nutritiva de feijão armazenado por longos períodos é menor que a do feijão recém-colhido (Valle-Vega, 1990), além disso, o feijão armazenado perde a qualidade sensorial, requerendo tempo prolongado para seu cozimento e não

fornecendo um caldo espesso, sendo, assim, menos aceitável pelo consumidor (Garcia & Lajolo, 1994).

Uma das modificações que ocorrem durante o armazenamento dos feijões é o endurecimento dos grãos, que apesar de não provocar modificações na temperatura de gelatinização do amido, promovido por alterações químicas e/ou estruturais do mesmo, leva uma depreciação da qualidade geral e do valor nutritivo do produto (Paredes-Lopes et al., 1989). No entanto, o feijão é um dos alimentos mais tradicionais na dieta alimentar do brasileiro, e a sua contribuição como fonte de proteína e caloria é bastante significativa. Quanto ao aporte de calorias, o feijão ocupa o terceiro lugar entre os alimentos consumidos, totalizando 11,2% das calorias ingeridas/dia (Soares, 1996).

O feijão apresenta componentes e características que tornam seu consumo vantajoso do ponto de vista nutricional, entre os quais um conteúdo protéico relativamente alto; teores elevados de lisina, que exerce efeito complementar às proteínas dos cereais; fibra alimentar, com seus reconhecidos efeitos hipocolesterolêmico e hipoglicêmico; alto conteúdo de carboidratos complexos e presença de vitaminas do complexo B. Por outro lado, alguns problemas nutricionais como a baixa digestibilidade protéica, o conteúdo reduzido em aminoácidos sulfurados, a presença de fatores antinutricionais e a baixa disponibilidade de minerais são assuntos que têm merecido a atenção especial de vários grupos de pesquisas (Lajolo et al., 1996).

2.4.1 Proteínas e digestibilidade

O teor de proteína no feijão comum está entre 22 e 26 g/100 g de MS (Barampama & Simard, 1993). Apesar de o feijão seco ser reconhecido como alimento com elevado teor protéico, o valor biológico dessa proteína é geralmente baixo quando comparado com a maioria das proteínas de outros alimentos. Este valor está diretamente relacionado ao seu baixo nível de

aminoácidos sulfurados, particularmente a metionina, encontrada em suas proteínas (Sgarbieri, 1980). Mas o feijão é duas a três vezes mais rico em proteínas que os cereais (National Academy of Sciences, 1979).

A qualidade nutricional do feijão está relacionada com o perfil de aminoácidos e o grau de digestibilidade, além de ser influenciada pela quantidade e qualidade de outras proteínas consumidas juntamente com as proteínas do feijão, como o arroz (Nielsen, 1991). Assim, a mistura dos dois tipos de alimentos, feijão e arroz, em proporções adequadas, resulta numa complementação de proteínas de melhor valor biológico. Do ponto de vista nutricional, um aspecto importante é o aumento da qualidade protéica de dietas mistas contendo feijões e cereais, tais como arroz e milho, em decorrência do efeito complementar entre o alto teor de lisina no feijão e os aminoácidos sulfurados dos cereais (Gazzola, 1992). O hábito da população brasileira de ingerir arroz com feijão torna o valor biológico da dieta próximo aos das proteínas de origem animal (Bressani, 1993).

As principais frações solúveis da proteína do feijão (globulinas e albuminas) representam, em média, 75% da proteína total. As proporções entre essas duas frações podem variar de acordo com a cultivar, e a qualidade protéica está relacionada ao percentual relativo de cada uma delas (Lajolo et al., 1996).

As globulinas correspondem de 33,5 a 81% e as albuminas, de 12 a 52,4% da proteína total presente no feijão (Deshpande & Nielsen, 1987). Entre estas frações, a albumina tem mostrado menor digestibilidade, que não é aumentada pelo aquecimento (Sgarbieri et al., 1979).

A digestibilidade protéica é um parâmetro nutricional que avalia o aproveitamento de uma fonte protéica, podendo ser influenciada por vários fatores como compostos fenólicos, inibidores de proteína e tratamento térmico. A digestibilidade do feijão cru varia de 25 a 60% (Reyes-Moreno & Paredes-Lopez). Egg Mendonça (2001), caracterizando famílias de feijões obtidas do

cruzamento das linhagens amarelinho e CI 107, encontrou valores para digestibilidade protéica *in vitro* que variaram de 42,95 a 73,0%. A baixa digestibilidade no feijão cru é atribuída à atividade dos inibidores de proteases, que diminuem a atividade das enzimas digestivas. O tratamento térmico do feijão, no processo de cozimento, inativa os inibidores de proteases, promovendo um efeito benéfico na digestibilidade (Antunes et al., 1995).

O tratamento térmico dado com a finalidade de cozinhar os grãos reduz o efeito dessas substâncias, podendo aumentar a digestibilidade protéica para 65 a 85%, dependendo da variedade do feijão e do processo de cozimento usado (Bressani, 1983).

A digestibilidade protéica, avaliada em diferentes experiências, tanto *in vitro* como em animais, situa-se entre 40 e 70% (Sgarbieri et al., 1979), sendo baixa em humanos, cerca de 55% (Bressani, 1983), fato ainda não completamente explicado. A baixa digestibilidade das proteínas de feijão, quando comparada à das proteínas animais, constitui um dos seus problemas nutricionais (Rios, 2000).

A digestibilidade varia conforme a cultivar, sendo a digestibilidade dos grãos brancos melhor que a dos vermelhos (Reddy & Pierson, 1985), fato associado ao teor e à natureza dos taninos do tegumento dos cultivares coloridos (Aw & Swanson, 1985). Ela varia também com as condições de armazenamento e processamento. Antunes & Sgarbieri (1979), por exemplo, observaram que feijões armazenados com umidade relativamente alta apresentaram um longo tempo de cocção devido ao seu endurecimento na pós-colheita, tendo ocorrido também redução proporcional do valor nutricional.

A digestibilidade protéica *in vitro*, pelo sistema seqüencial pepsina-pancreatina, das lectinas e dos inibidores de alfa-amilase, glicoproteínas, presentes na fração albumínica do feijão, mostra-se muito baixa mesmo após o aquecimento. A investigação da ocorrência de reações químicas deletérias é um

aspecto importante porque o tratamento é essencial para destruir fatores antinutricionais e para tornar o grão palatável e útil como alimento para consumo humano (Lajolo et al., 1996).

Bressani (1993) apontou a reduzida digestibilidade das proteínas do feijão (e de outras leguminosas) como sendo multicausal, sugerindo a ação de fatores ligados a tegumento (taninos), aos cotilédones (taninos, fitatos, inibidores de proteases) e ao processamento e armazenamento.

Para Badiale (1979), a baixa digestibilidade dos feijões se deve a dois fatos: a passagem rápida dos grãos cozidos pelo tubo digestivo, o que impede a ação de enzimas proteolíticas, ou o fato de as proteínas dos grãos serem resistentes à proteólise enzimática. Segundo Lajolo et al. (1996), o problema está nas moléculas protéicas, em como elas interagem entre si e com outros componentes e em como essas interações ocorrem no armazenamento e processo industriais.

2.4.2 Minerais

O termo mineral é utilizado para referenciar elementos químicos inorgânicos encontrados em todos os animais e plantas, em proporções variáveis, sendo participantes ativos em várias reações enzimáticas, constituintes estruturais de órgãos e tecidos e presentes nos fluídos corporais (Teixeira, 1992).

A biodisponibilidade de minerais é de grande relevância, já que, em geral, ela é menor em vegetais do que em alimentos de origem animal. Os fatores que afetam a biodisponibilidade de minerais são a digestibilidade do alimento, a forma química do mineral, os níveis de outros nutrientes da dieta, a presença de quelantes, o tamanho de partícula do alimento e as condições de processamento, as quais podem alterar a quantidade, a forma química ou a associação do mineral com outros componentes presentes (Sathe et al., 1984).

O teor de cinzas do feijão varia de 3,8 e 4,5 g/100 g (Barampama & Simard, 1993). O feijão é rico principalmente em potássio (cerca de 1%, correspondente a 25-30% do conteúdo total de minerais), fósforo (cerca de 0,4%), ferro (cerca de 0,007%), cálcio, cobre, zinco e magnésio, entre outros, e pobre em sódio, o que acarreta vantagens nutricionais (Sathe et al., 1984).

Barampama & Simard (1993), avaliando quatro variedades de feijões cultivadas em Burundi, encontram valores de 525 mg de K; 55 mg de Ca; 7,3 mg de Zn; 7,6 mg de Fe; 0,9 mg de Cu; 456 mg de P e 28 mg de Mg em 100 g de matéria seca.

A Recommended Daily Allowances (RDA) informa que, para adultos, uma xícara de feijão seco cozido pode proporcionar, por dia, 29% das necessidades de Fe para mulheres e 55% para homens, e para ambos, 20-25% de P, Mg e Mn, aproximadamente 20% de K e Cu e 10% de Ca e Zn (Geil & Anderson, 1994).

O conteúdo de ferro em feijão marrom é alto (5 mg/100 g de feijão). Entretanto, os feijões também contêm altas concentrações de fitatos, os quais diminuem a disponibilidade de ferro. A disponibilidade de minerais, principalmente o ferro, é afetada também pela presença de tanino e fibras dietéticas (Chiaradia & Gomes, 1997).

O processo de maceração do feijão, que antecede o cozimento, e também o processo de cozimento, podem ocasionar perdas de minerais solúveis em água e, principalmente, vitaminas que são sensíveis ao calor (Soares, 1996).

2.4.3 Fibras

Feijões secos contêm uma quantidade substancial de carboidratos como fibra na forma de celulose e hemicelulose, com a quantidade variando de 3 a 7% em feijões secos e cozidos. A variabilidade nestas quantidades ocorre em virtude das definições diferentes e dos métodos de análise de fibras usados. A fibra

alimentar pode ser definida como compostos endógenos de materiais de plantas da dieta que são resistentes à digestão por enzimas digestivas humanas. Elas podem ser classificadas como solúveis e insolúveis em água (Geil & Anderson, 1999).

Lignina, celulose e hemicelulose são constituintes típicos da porção insolúvel (FDN), enquanto pectina, algumas hemiceluloses e outros polissacarídeos fazem parte da porção solúvel das fibras alimentares. A hemicelulose é frequentemente mais digerível que celulose por animais não ruminantes, devido ao efeito hidrolítico do ácido na hemicelulose (Dung et al., 2002).

Sementes de leguminosas contêm mais fibras que cereais e são melhores fonte de fibra solúvel metabolicamente ativa. O conteúdo de fibra de feijões comuns varia de 4,5 a 19% (Reyes-Moreno & Paredes-Lopez, 1993; Soares et al., 1996). Estudos recentes recomendam a inclusão de 20 a 35 g/dia de fibras na dieta (Beebe et al. citado por Al-Shagrawi et al., 1999).

2.4.4 Compostos fenólicos

Os vegetais possuem algumas centenas de compostos fenólicos, substâncias que apresentam radicais hidroxilados ligados a um anel benzênico e por isso têm caráter ácido, agrupado em diferentes classes, de acordo com sua estrutura (Chitarra & Chitarra, 1990).

Compostos fenólicos são classificados como ácidos fenólicos e derivados taninos e flavonóides. Os flavonóides são subdivididos em antocianinas, flavonas, flavonóis e substâncias relacionadas (Salunke et al., 1982).

Os taninos são polímeros termoestáveis de quatro a cinco unidades de catequinona, implicados no baixo aproveitamento de nutrientes de feijão. O seu conteúdo varia de acordo com a coloração de tegumento em que se concentram.

Em feijões marrons, pretos, vermelhos e brancos, o teor médio de taninos é de 7,8 mg; 6,6 mg; 12,6 mg e 2,3 mg de catequina/g, respectivamente (Bressani, 1993). Esses compostos possuem propriedades antimicrobianas, indicando uma possível função de mecanismo de defesa da planta (Scalbert, 1991).

Os compostos fenólicos localizam-se principalmente no tegumento do grão e nas variedades coloridas (Goycoolea et al., 1990). Eles possuem a propriedade de formar complexos coloridos com sais de ferro, compostos insolúveis com sais de chumbo e de sofrer substituição eletrofílica aromática de acoplamento com sais de diazônio e aldeídos (Haslam, 1979).

Além da formação de complexos com proteínas, tornando-as indisponíveis, os compostos fenólicos podem inibir enzimas digestivas (Stanley & Aguilera, 1985). Os compostos fenólicos, entre os fatores antinutricionais, são os que mais contribuem para baixa digestibilidade do feijão em animais e humanos. Isto pode ser explicado pela formação de complexos entre os compostos fenólicos e as proteínas, os quais são insolúveis e de baixa digestibilidade, tornando a proteína parcialmente indisponível, ou pela inibição das enzimas digestivas e pelo aumento do nitrogênio fecal (Bressani & Elias, 1980).

Também se observa uma relação negativa entre o conteúdo de taninos e a digestibilidade protéica *in vivo*; porém, os mecanismos responsáveis por esse efeito ainda não foram elucidados. Segundo Bressani et al. (1988), as hipóteses acerca de sua ação seriam a formação de complexos com proteínas do feijão durante o cozimento ou consumo e/ou com as enzimas digestivas, levando à sua inativação.

2.4.5 Inibidores de tripsina

Os inibidores de proteases são, na sua maioria, proteínas de ampla distribuição no reino vegetal, capazes de inibir as atividades das enzimas

tripsina, quimotripsina e carboxipeptidases. Entre os inibidores de proteases, os da tripsina são os mais amplamente estudados (Sgarbieri, 1987).

O baixo valor nutritivo de certos grãos comestíveis crus, como feijão ou soja, é usualmente atribuído à presença de um número de fatores tóxicos não estáveis ao calor, incluindo inibidores de tripsina e hemaglutininas. Os feijões, assim como as leguminosas em geral, contêm inibidores protéicos das proteases digestivas humanas, tripsina e quimiotripsina. Desta forma, eles podem interferir na digestibilidade de proteínas da dieta, retardar crescimento e produzir hipertrofia do pâncreas; porém; o seu aquecimento destrói os inibidores e melhora o valor nutritivo de proteínas de leguminosas (Chiaradia & Gomes, 1997).

Os inibidores de tripsina e quimotripsina concentram-se nas sementes. Em geral, essas proteínas apresentam baixa qualidade nutricional por causa de sua composição aminoacídica peculiar e dos 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 (Sgarbieri & Whitaker, 1982).

Antunes et al. (1995), pesquisando sobre o valor nutricional de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), das cultivares Rico 23, Carioca, Piratã-1 e Rosinha-G2, encontraram níveis de inibidor de tripsina, em UTI/mg MS, variando de 136,80 a 183,60.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Linhagens de feijão

Noventa e três linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) foram fornecidas pelo Banco de Germoplasma do Setor de Genética e Melhoramento de Plantas do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras, tendo sido cultivadas na safra das águas e colhidas em janeiro de 2004 (Tabela 1). Estas 93 linhagens foram submetidas à análise de proteína; em seguida, foram selecionadas vinte e uma linhagens, sendo dez linhagens com os maiores teores de proteína e onze com os menores.

3.2 Preparo das amostras

As amostras de feijão foram trituradas em moinho de bola, acrescidas de nitrogênio líquido e posteriormente embaladas em sacos plásticos de polietileno e armazenadas em temperatura entre 5 a 10 °C até as análises.

3.3 Análises

As análises foram efetuadas no Laboratório de Tecnologia do Café, no Pólo de Tecnologia do Café; no Laboratório de Produtos Vegetais do Departamento de Ciência dos Alimentos e no Laboratório de Bioquímica do Departamento de Química da Universidade Federal de Lavras – MG.

3.3.1 Composição centesimal

a) Umidade

As farinhas de feijão foram secas em estufa a 105°C até peso constante e a umidade foi determinada por diferença de peso (AOAC, 1995).

TABELA 1 Nome e cor do tegumento das 93 linhagens de feijões utilizadas para a seleção.

Nome	Cor do tegumento	Nome	Cor do tegumento
ESAL 516	Roxo	CNF 252	Vermelho
ESAL 543	Vermelho	Eriparsa	Amarelo
Valente	Preto	ESAL 636	Bege c/ rajas marrons
Negrilo	Preto	CNF 246	Bege
Small white	Branco	ESAL 616	Bege c/ rajas marrons
CIAT 511	Vermelho	ESAL 520	Pardo
ESAL 521	Bege c/ rajas marrons	LP 806	Bege c/ rajas marrons
Paraná	Pardo	D. Calima	vermelho/rajado
BAT 304	Preto	DOR 157	Preto
ESAL 518	Bege c/ rajas marrons	LM 30630	Preto
Flor Mayo	Bege c/ rajas rosas	FT 120	Preto
Talismã	Bege c/ rajas marrons	R - 17	Bege c/ rajas marrons
ESAL 531	Bege c/ rajas marrons	CIAT 528	Vermelho
Mant. Fosco	Bege	ESAL 547	Amarelo
CIAT 245	Vermelho	ESAL 539	Bege
Carioca x Tu	Bege c/ rajas pretas	Costa Rica	Preto
POT 51	Preto	Cai folha	Bege
IAPAR 65	Preto	Carioca 80	Bege c/ rajas marrons
ESAL 502	Roxo	Perolá	Bege c/ rajas marrons
ESAL 649	Bege c/ rajas marrons	Ouro negro	Preto
CIAT 270	Bege c/ rajas marrons	PF 735687	Bege c/ rajas marrons
ESAL 525	Roxo	ESAL 529	Bege c/ rajas marrons
IAPAR 620	Bege c/ rajas marrons	ESAL 656	Bege c/ rajas marrons

Continua ...

TABELA 1 Continuação

Nome	Cor do tegumento	Nome	Cor do tegumento
Mul.Vag.Rox	Bege	ESAL 652	Roxo
ESAL 565	Bege	ESAL 644	Bege c/ rajas marrons
ESAL 537	Pardo	O – 53	Amarelo
ESAL 648	Bege c/ rajas marrons	TUC 27	Branco
CIAT 250	Vermelho	T – 16	Bege c/ rajas marrons
BP - 9	Vermelho	ESAL 660	Roxo
AN 730340	Bege c/ rajas marrons	TO	Bege c/ rajas marrons
Rio Tibagi	Preto	ESAL 640	Bege c/ rajas marrons
FT Taruma	Preto	ESAL 620	Bege c/ rajas marrons
ESAL 550	Amarelo	Michelite	Branco
Feijão Chile	Bege c/ rajas marrons	IPA – 8	Bege
IAPAR 14	Preto	ESAL 538	Bege c/ rajas marrons
ESAL 658	Bege c/ rajas marrons	ESAL 1	Pardo
Hulk	Verde	T – 71	Bege c/ rajas marrons
ESAL 607	Roxo	D – 282	Bege c/ rajas marrons
Mãezinha	Bege	Rio Vermelho	Roxo
Por. sintet	Preto	ESAL 603	Bege c/ rajas marrons
Pintado	Bege c/rajas vermelhas	P – 180	Bege c/ rajas marrons
CIAT 240	Vermelho	AN 910523	Bege c/ rajas marrons
ESAL 540	Bege c/ rajas marrons	ESAL 651	Bege c/ rajas marrons
ESAL 514	Bege c/ rajas marrons	ESAL 569	Bege c/ rajas marrons
Goiano Prec	Bege	ESAL 647	Bege c/ rajas marrons
AN 910546	Bege c/ rajas marrons	ESAL 654	Bege c/ rajas marrons
		ESAL 655	Bege c/ rajas marrons

b) Proteína Bruta

A proteína bruta foi determinada pelo método micro-Kjeldahl, conforme procedimento da AOAC (1995). Após digestão da amostra com a mistura digestora (sulfato de cobre e sulfato de potássio) e ácido sulfúrico e posterior destilação, procedeu-se à titulação com a solução de ácido clorídrico. Os resultados foram expressos em g/100 g de matéria seca (MS), empregando-se 6,25 como fator de conversão de nitrogênio em proteína.

c) Fibra detergente neutro

A dosagem de fibra detergente neutro foi proposta por Van Soest e Wine, descritos por Silva (1990). Após digestão da amostra com soluções para fibra detergente neutro (FDN) por 1h a 100°C, os extratos foram filtrados em cadinhos de porcelana (tarados) contendo lã de vidro, sob vácuo, e lavados com água quente e acetona. Os cadinhos foram levados à estufa por 24 horas e a quantidade de fibras foi determinada por diferença de peso. Os resultados foram expressos em g/100 g MS.

d) Extrato etéreo

Os teores de extrato etéreo foram determinados pela extração das farinhas com éter etílico, usando aparelho de Soxhlet, e os resultados foram expressos em g/100g MS (AOAC, 1995).

e) Cinzas

Os teores de cinza foram determinados pelo método gravimétrico, com base na determinação da perda de peso do material submetido a aquecimento a 550°C (Instituto Adolfo Lutz, 1985). Os resultados foram expressos em g/100 g MS.

f) Extrato não nitrogenado

Calculado por diferença: $100 - (\text{umidade} + \text{proteína bruta} + \text{FDN} + \text{extrato etéreo} + \text{cinzas})$.

3.3.2 Minerais

As determinações de P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn e S foram feitas segundo Sarruge & Haag (1974) e Malavolta et al. (1989). O extrato das amostras foi obtido por digestão nitroperclórica; P e S foram determinados por colorimetria (AOAC, 1995); Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn, por espectrofotometria de absorção atômica; e K, por fotometria de chama. Os resultados foram expressos em MS.

3.3.3 Digestibilidade protéica *in vitro*

Foi empregada a técnica descrita por Akesson & Stahmann (1964) para determinação da digestibilidade protéica *in vitro*. A farinha (com teor de nitrogênio conhecido) foi digerida com pepsina e pancreatina, em seus pH ótimos. A reação foi interrompida pela adição de ácido tricloroacético. Após centrifugação, o nitrogênio no sobrenadante foi dosado, sendo a caseína utilizada como controle. A digestibilidade encontrada para caseína foi tomada como padrão e seu valor, considerado como 100%. A digestibilidade das farinhas foi corrigida em relação à caseína e os resultados, expressos em porcentagem.

3.3.4 Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos foram determinados segundo metodologia de Swain & Hillis (1959), utilizando metanol (80 mL/100 mL) como extrator, e dosados de acordo com método de Folin-Denis descrito pela AOAC (1995), usando ácido tânico como padrão. Os resultados foram expressos em mg de ácido tânico/100 g MS.

3.3.5 Inibidor de tripsina

A atividade da enzima tripsina foi realizada pelo método de Kakade et al. (1969) e Kakade et al. (1974). A farinha foi extraída com solução de NaOH 0,1 mol/L em agitação. Após centrifugação, uma alíquota do sobrenadante foi usada no ensaio enzimático, empregando o BapNA (benzoil-DL-arginina-p-nitroanilida) como substrato e a enzima tripsina. Se existir inibidor na amostra, este inibe a ação da tripsina sobre o BapNA. A leitura da mistura foi feita a 410 nm. A atividade do inibidor de tripsina foi expressa em termos de unidade de tripsina inibida (UTI)/mg MS.

3.4 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo programa estatístico SISVAR versão 4.0 (Ferreira, 2000). Aos parâmetros significativos aplicou-se o teste de médias Scott-Knott com 5% de probabilidade.

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), sendo 93 tratamentos com 3 repetições para a proteína bruta e 21 tratamentos com 3 repetições para as demais análises.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Seleção das linhagens de feijão em função dos teores de proteína bruta

As médias de proteína bruta das 93 linhagens de feijão são apresentadas na Tabela 2. A análise de variância mostrou diferença significativa entre as linhagens (Tabela 1A, anexo).

Observou-se que os teores de proteína bruta variaram de 22,34 a 36,28 g/100g MS. Na literatura são citados teores de proteína bruta variando de 22,00 a 29,55 g/100 g MS (Barampama & Simard, 1993; Esteves, 2000; Moura, 1998; Rios, 2000). Observa-se, portanto, que 20 linhagens apresentaram teores superiores a esses.

Foram escolhidas 11 linhagens com os menores teores de proteína bruta (22,34 a 24,50 g/100 g), ESAL 516, ESAL 543, Valente, Negrito, Small White, CIAT 511, ESAL 521, Paraná, BAT 304, ESAL 518 e Flor de Mayo; e 10 linhagens com os maiores teores (32,14 a 36,28 g/100 g MS), D-282, Rio Vermelho, ESAL 603, P - 180, AN 910523, ESAL 651, ESAL 569, ESAL 647, ESAL 654 e ESAL 655, para que fossem estudados o aproveitamento dessas proteínas e a quantificação de outros constituintes de interesse.

4.2 Composição centesimal

A composição centesimal das 21 linhagens está apresentada na Tabela 3. A umidade encontrada nas farinhas de feijão variou de 13,76 a 18,26 g/100 g.

A análise de variância mostrou diferença significativa entre as linhagens, para todos os parâmetros (Tabela 2A, anexo).

Os teores de FDN variaram de 7,56 (Paraná) a 20,91 (ESAL 654); de extrato etéreo, de 0,53 (ESAL 518) a 2,55 (ESAL 516); e de cinzas, de 2,97 (ESAL 543) a 4,87 (D-252), em g/100g. Comparando os dados de literatura para

TABELA 2 Teores médios de proteína bruta - PB (g/100 g MS) das 93 linhagens de feijão*.

Linhagens	PB	Linhagens	PB	Linhagens	PB
ESAL 516	22,34i	IAPAR 65	25,26h	R - 17	26,19g
ESAL 543	22,69i	ESAL 502	25,32h	CIAT 528	26,25g
Valente	22,81i	ESAL 649	25,32h	ESAL 547	26,43g
Negrilo	23,28i	CIAT 270	25,49g	ESAL 539	26,54g
Small white	23,57i	ESAL 525	25,55g	Costa Rica	26,54g
CIAT 511	23,74i	IAPAR 620	25,55g	Cai folha	26,54g
ESAL 521	24,03h	CNF 252	25,61g	Carioca 80	26,66g
Paraná	24,09h	Eriparsa	25,67g	Perolá	26,66g
BAT 304	24,15h	ESAL 636	25,67g	Ouro negro	26,72g
ESAL 518	24,38h	CNF 246	25,73g	PF 735687	26,89f
Flor Mayo	24,50h	ESAL 616	25,78g	ESAL 529	27,01f
Talismã	24,62h	ESAL 520	25,84g	ESAL 656	27,07f
ESAL 531	24,62h	LP 806	25,84g	Mul. Vag. Rox	27,24f
Mant. Fosco	24,79h	D. Calima	25,90g	ESAL 565	27,36f
CIAT 245	24,97h	DOR 157	25,90g	ESAL 537	27,42f
Carioca x Tu	25,20h	LM 30630	25,90g	ESAL 648	27,53f
Pot 51	25,20h	FT 120	26,08g	CIAT 250	27,59f
BP - 9	27,59f	ESAL 540	28,99e	IPA - 8	30,74d
AN 730340	27,71f	ESAL 514	29,11e	ESAL 538	31,38c
Rio Tibagi	28,00f	Goiano Prec	29,23e	ESAL 1	31,73c
FT Taruma	28,12f	AN 910546	29,23e	T - 71	31,97c
ESAL 550	28,18f	ESAL 652	29,23e	D - 282	32,14c
Feijão Chile	28,18f	ESAL 644	29,23e	Rio Vermelho	32,38c
IAPAR 14	28,18f	O - 53	29,34e	ESAL 603	32,78c
ESAL 658	28,41e	Tuc 27	29,40e	P - 180	32,78c
Hulk	28,70e	T - 16	29,75d	AN 910523	33,43b
ESAL 607	28,76e	ESAL 660	29,87d	ESAL 651	33,72b
Mãezinha	28,82e	TO	29,93d	ESAL 569	33,83b
Por. Sintet	28,93e	ESAL 640	30,04d	ESAL 647	33,95b
Pintado	28,93e	ESAL 620	30,45d	ESAL 654	34,42b
CIAT 240	28,98e	Michelite	30,51d	ESAL 655	36,28a

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

TABELA 3 Composição centesimal, em g/100 g MS, das 21 linhagens de feijão*.

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

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

PB = proteína bruta, FDN = fibra detergente neutro, EE = extrato etéreo, ENN = extrato não nitrogenado.

a FDN – 14 a 19 g/100 g (Reyes-Moreno & Paredes-Lopez, 1993); para o extrato etéreo – 1,2 a 2,0 g/100 g MS (Barampama & Simard, 1993; Brigide, 2002); e para cinzas – 3,8 a 4,5 g/100 g MS (Barampama & Simard, 1993), observaram-se teores maiores e menores que a faixa citada na literatura, indicando que essas diferenças são inerentes à linhagem e devidas às condições de cultivo, climáticas e fertilidade do solo.

Verificou-se que a linhagem ESAL 655, além de ter apresentado o teor mais elevado de proteína bruta, apresentou também o mais elevado de cinzas, enquanto a ESAL 516, a de menor teor protéico (22,34 g/100 g MS), mostrou também o nível mais elevado de extrato etéreo (2,55 g/100 g MS).

4.3 Minerais

As médias dos minerais das 21 linhagens de feijão são apresentadas na Tabela 4. A análise de variância demonstrou diferença significativa entre as linhagens estudadas para todos os minerais (Tabela 3A e 4A, anexo). As linhagens P-180, ESAL 569, ESAL 647, ESAL 654 e ESAL 655 se destacaram em relação aos minerais estudados.

O teor de P encontrado neste estudo variou de 0,45 (ESAL 521) a 0,73 g/100 g MS (ESAL 647). As linhagens com menor teor protéico apresentaram teores de P entre 0,45 (ESAL 521) e 0,59 g/100 g MS (ESAL 518), e as linhagens com maior teor protéico apresentaram teores de fósforo entre 0,55 (ESAL 651) a 0,73 g/100 g MS (ESAL 647). Portanto, as linhagens com maiores teores protéicos se destacaram em relação ao P, sobretudo as linhagens ESAL 647, P-180 e ESAL 569.

Na literatura, os teores de P variam de 0,37 a 0,54 g/100 g MS (Barampama & Simard, 1993; Esteves, 2000; Moura, 1998). Constatou-se, no presente trabalho, que foram encontradas linhagens com teores superiores a estes.

TABELA 4 Teores médios de minerais, em matéria seca, das 21 linhagens de feijão*.

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

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

O teor de K encontrado neste estudo variou de 1,51 (ESAL 521) a 2,48 g/100 g MS (P-180). As linhagens com menor nível protéico apresentaram teores entre 1,51 (ESAL 521) e 1,81 g/100 g MS (Negrito), sendo estatisticamente iguais. Entretanto, as linhagens com maior nível protéico apresentaram teores de K entre 2,04 (ESAL 651) e 2,48 g/100 g MS (P-180), sendo a linhagem P-180 estatisticamente diferente das demais.

A faixa de K encontrada na literatura varia de 0,52 a 1,96 g/100 g MS (Barampama & Simard, 1993; Esteves, 2000; Moura, 1998). Verifica-se, portanto, que as linhagens com conteúdo protéico mais baixo (as onze primeiras da Tabela 3) estão dentro da faixa citada na literatura; porém, as linhagens com maior conteúdo protéico apresentam teores de K superiores aos citados na literatura.

Observa-se que as linhagens de menor nível protéico mostraram teores de Ca, em 100 g MS, de 0,03 g (Negrito e CIAT 511) a 0,12 g (Esal 516); e as de maior nível protéico, de 0,09 (P-180) a 0,28 g/100 g MS (D-282). As linhagens D-282 (0,28 g Ca/100 g MS) e ESAL 647 (0,24 g Ca/100 g de MS), com maiores conteúdos protéico, apresentaram os teores mais elevados de Ca e foram estatisticamente diferentes das demais.

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

As linhagens com maior conteúdo protéico se destacaram também com os níveis mais elevados de Mg, sendo estatisticamente diferentes das linhagens de menor conteúdo protéico, exceto a “Rio Vermelho”.

Os teores de Mg, em 100g MS, variaram de 0,18 a 0,34 g, sendo mais altos que a faixa encontrada na literatura, 0,04 a 0,24 g (Barampama & Simard, 1993; Esteves, 2000; Moura, 1998).

As linhagens com nível protéico mais elevado também apresentaram os níveis mais elevados de S, destacando-se a “ESAL 647” (0,47 g /100 g MS), a “P-180” (0,45 g/100 g MS) e a “AN 910523” (0,44 g /100 g MS), que foram estatisticamente diferentes das demais. Já as linhagens com nível protéico mais baixo mostraram teores, em 100g MS, que variaram de 0,28 g a 0,34 g.

Esteves (2000) relatou teores de S de 0,10 a 0,14 g/100 g MS e Moura (1998), de 0,23 a 0,26 g/100 g MS, níveis abaixo dos encontrados no presente estudo.

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

Estudos citados na literatura mostram os teores de Cu variando de 1,4 a 9 mg/kg de MS (Barampama & Simard, 1993; Esteves, 2000; Moura, 1998) para diferentes linhagens de feijão. Constata-se que os teores de Cu do presente trabalho são superiores aos da literatura.

As linhagens com menor nível protéico apresentaram teores de Mn entre 14,93 mg/kg de MS (Valente) e 18,93 mg/kg MS (ESAL 516), e as linhagens com maior nível protéico, entre 21,37 mg/kg MS (ESAL 603) e 28,90 mg/kg MS (ESAL 655). Portanto, observam-se teores mais elevados de Mn nas linhagens com maior conteúdo protéico, destacando-se a ESAL 655 e a ESAL 647, que não diferiram estatisticamente.

Diferentes linhagens e cultivares de feijão apresentaram teores de Mn variando de 8,20 a 16,00 mg/kg MS (Esteves, 2000; Moura, 1998). Sendo assim, somente cinco linhagens das que foram pesquisadas ficaram dentro dessa faixa, as restantes foram superiores.

As linhagens com menor nível protéico apresentaram teores de Zn entre 36,67 e 54,60 mg/kg MS (respectivamente, ESAL 521 e Flor de Mayo) e as

linhagens com maior valor protéico, teores entre 42,83 (ESAL 651) e 63,90 mg/kg MS (P-180).

Observa-se uma tendência de as linhagens com maior teor protéico apresentarem também teores mais elevados de Zn, exceto “D-282” e “ESAL 651”.

Segundo alguns autores, os teores de Zn registrados para várias linhagens de feijão variaram de 20,20 a 36,00 mg/kg MS (Barampama & Simard, 1993; Esteves, 2000; Moura, 1998), inferiores aos encontrados neste trabalho.

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

Elpo et al. (1998) determinaram os teores de Fe nos alimentos da cesta básica adquirida no comércio de Curitiba, Estado do Paraná, obtendo teores de 80,30 mg/kg de MS para feijões cru. Cannatti-Brazaca & Silva (1999) encontraram variação de 68,30 a 153,40 mg de Fe/kg MS nas leguminosas feijão preto, feijão comum, feijão branco, feijão guandu e híbrido.

Alguns autores encontraram teores de Fe, em mg/kg de Ms, variando de 56,00 a 95,00 (Barampama & Simard, 1993; Esteves, 2000; Moura, 1998).

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

4.4 Digestibilidade protéica *in vitro* e fatores antinutricionais

Na Tabela 5 são mostrados os valores médios da digestibilidade protéica *in vitro* dos compostos fenólicos e dos inibidores de tripsina. A análise de variância mostrou diferença significativa para estes parâmetros estudados (Tabela 5A, anexo).

Em relação à digestibilidade, as linhagens com maior teor protéico apresentaram valores variando de 18,03 a 48,32%; e as linhagens de menor teor protéico, de 19,48 a 43,95%.

A linhagem ESAL 655, cujo teor protéico foi o mais elevado, apresentou a menor digestibilidade (18,03%). A “ESAL 569”, entre as de maior conteúdo protéico, se destacou no fator digestibilidade (48,32%), sendo estatisticamente diferente das demais. Contudo, esse percentual de digestibilidade é considerado muito baixo.

Em comparação com os resultados de digestibilidade encontrados na literatura, cujos percentuais variam de 48,80 a 73,00% (Egg Mendonça et., 2003; Esteves, 2000; Rios et al., 2003), os resultados deste trabalho foram inferiores devido, principalmente, a diferenças inerentes à cultivar ou linhagem.

Na tentativa de buscar explicações para digestibilidades tão baixas, foram quantificados também os níveis de compostos fenólicos e inibidores de tripsina.

Bressani et al. (1988), avaliando a relação entre o conteúdo de polifenóis em feijões e a digestibilidade da proteína em humanos, concluíram que uma elevada concentração de compostos fenólicos, como ácido tânico ou catequina, no feijoeiro está altamente associada ao aumento do nitrogênio fecal; assim, há redução da digestibilidade protéica em seres humanos. Portanto, observou-se uma relação negativa entre o conteúdo de taninos e a digestibilidade protéica *in vivo*, mas os mecanismos responsáveis por esse efeito ainda não foram elucidados. As hipóteses acerca de sua ação seriam a formação de complexos

TABELA 5 Digestibilidade protéica média e teores médios de compostos fenólicos e inibidor de tripsina das 21 linhagens de feijão¹.

Linhagens	Digestibilidade² (%)	Compostos fenólicos³	Inibidor de tripsina⁴
ESAL 516	26,97f	0,77d	71,47g
ESAL 543	36,72d	0,70e	106,67d
Valente	32,00e	0,88c	120,23c
Negrito	43,53b	0,81d	121,90c
Small White	39,14c	0,28f	97,80e
CIAT 511	43,95d	1,00a	84,10f
ESAL 521	37,73d	0,88c	67,90g
Paraná	31,03e	0,96b	67,67g
BAT 304	20,43g	0,91c	80,77f
ESAL 518	21,38g	0,76d	81,67f
Flor de Mayo	19,48g	1,02a	59,93h
D-282	36,96d	0,94b	151,07 ^a
Rio Vermelho	40,28c	0,91c	81,97f
P-180	44,32b	0,96b	118,67c
ESAL 603	43,43b	0,97b	112,7d
AN 910523	20,52g	0,93b	106,9d
ESAL 651	44,50b	1,05a	127,27c
ESAL 569	48,32a	1,08a	136,97b
ESAL 647	29,53e	0,96b	120,30c
ESAL 654	26,17f	0,89c	90,27e
ESAL 655	18,03g	1,02a	113,50d

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

²Valores corrigidos para caseína considerada 100 % digerível.

³Em g de ácido tânico/100 g MS.

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

com proteínas do feijão durante o cozimento ou consumo e/ou com as enzimas digestivas, levando à sua inativação.

Os teores de compostos fenólicos encontrados neste estudo variaram de 0,28 a 1,08 g de ácido tânico/100 g MS. Segundo alguns autores, os teores de compostos fenólicos registrados para vários feijões estão na faixa de 0,26 a 1,45 g de ácido tânico/100 g MS (Egg Mendonça et al., 2003; Esteves, 2000; Rios et al., 2003). Comparados com os compostos fenólicos deste trabalho, os valores acima citados se encontram dentro da faixa.

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

De acordo com Tibúrcio (1992), o teor de compostos fenólicos em feijão, independentemente das condições de estocagem e época de plantio, é cerca de 7 a 11 vezes maior no tegumento do que no resto do grão. O seu conteúdo varia de acordo com a coloração de tegumento em que se concentram. Em feijões marrons, pretos, vermelhos e brancos, os teores médios de taninos, em g de catequina/100 g MS, são de 0,78; 0,66; 1,26 e 0,23, respectivamente (Bressani, 1983). No presente trabalho, os teores mais elevados de compostos fenólicos foram encontrados nos feijões de cor marrom.

Em relação ao inibidor de tripsina (Tabela 5), foram obtidos teores de 59,93 a 151,07 UTI/mg MS. No estudo efetuado por Antunes et al. (1995), cultivares de feijão, Rico 23, Carioca, Piratã-1 e Rosinha-G2 apresentaram

teores inibidores de tripsina, em UTI/mg MS, de 148,50; 136,80; 183,60 e 161,30, respectivamente. Os autores comentam que, *in vivo*, a toxicidade dos feijões foi extremamente elevada, provocando letalidade total dos ratos alimentados com dieta contendo feijão cru em um intervalo de 2 a 9 dias.

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

A linhagem Flor de Mayo apresentou o menor teor de inibidor de tripsina (59,93 UTI/mg MS) e a linhagem D-282 apresentou o maior teor (151,07 UTI/mg MS).

Parece, também, não haver uma relação entre a digestibilidade e o inibidor de tripsina todavia observa-se que as linhagens de maior teor protéico apresentaram também maior teor de inibidor de tripsina. Provavelmente, outros fatores devem ser responsáveis pela baixa digestibilidade.

5 CONCLUSÕES

Entre as linhagens com maiores teores protéicos a “ESAL 569” apresenta a maior digestibilidade protéica e também níveis consideráveis de minerais.

A “P-180” está entre as linhagens com teores mais elevados de proteína bruta e entre as de maiores digestibilidades, além de apresentar altos teores dos minerais P, K, Mg, S, Cu, Zn e Fe.

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

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRIDATA - Sistemas de Informação de Agronegócios de Minas Gerais – Secretaria de Estado de Agricultura. **Pecuária e Abastecimento**. 2000. Disponível: <<http://www.agridata.mg.gov.br>>. Acesso em: 02 mar. 2004.
- AKESSON, W. R.; STAHMANN, M. A. A pepsin pancreatin digest index of protein quality evaluation. **Journal of Nutrition**, Bathesda, v. 83, p. 257-261, 1964.
- AL-SHAGRAWI, R. A.; AL-OJAYAN, M. O.; SADEKA, M. A.; AL-SHAYEB, I. E.; AL-RUQAIE, I. M. Effects of alkaline, hydrogen peroxide-treated fibers on nutrient digestibility, blood sugar and lipid profile in rats. **Food Chemistry**, Oxford, v. 65, n. 2, p. 213-218, May 1999. Disponível: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 11 mar. 2004.
- ANTUNES, P. L.; BILHALVA, A. B.; ELIAS, M. C.; SOARES, G. J. D. Valor nutricional de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.), cultivares rico 23, carioca, pirata-1 e rosinha-G2. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 1, n. 1, p. 12-18, jan./abr. 1995.
- ANTUNES, P. L.; SGARBIERI, V. C. Influence of time and conditions of storage on technological and nutritional properties of a dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) variety Rosinha G2. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 44, p. 170-176, Jan./Feb. 1979.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – A. O. A. C. **Official methods of analysis of the Association of the Analytical Chemists**. 16. ed. Washington, 1995.
- AW, T. L.; SWANSON, B. G. Influence of tannins on *Phaseolus vulgaris* protein digestibility, **Journal of Food Science**, Chicago, v. 50, p. 67-71, Jan./Feb. 1985.
- BADIALE, E. **Variação de metionina em feijões (*Phaseolus vulgaris* L.) armazenados**. 1979. 99 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- BARAMPAMA, Z.; SIMARD, R. E. Nutrient composition, protein quality and antinutritional factors of some varieties of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) grown in Burundi. **Food Chemistry**, Oxford, v. 47, n. 2, p. 157-167, 1993.

BRESSANI, R. Grain quality of common beans. **Food Reviews International**, New York, v. 9, p. 237-97, 1993.

BRESSANI, R. Tannin in common beans: methods of analysis and effects on protein quality. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 48, n. 3, p. 1000, 1983.

BRESSANI, R.; ELIAS, L. G. The nutritional role of polyphenols in beans. In: HULSE, J. H. (Ed.). **Polyphenols in cereals and legumes**. Ottawa, Canada, 1980. p. 61-72.

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

BRESSANI, R.; HERNANDEZ, E.; BRAHAM, E. Relationship between content and intake of bean polyphenols and protein digestibility in humans. **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v. 38, n. 1, p. 5-21, 1988.

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

BUNCH, H. D. Temperature, relative humidities factors in maintaining store seed viability. **Seedsmen's Digest**, San Antonio, Oct, 1959.

CANNATTI-BRAZACA, S. G.; SILVA, F. C. da Avaliação do aproveitamento do ferro de leguminosas por diálise *in vitro*. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ALIMENTOS E NUTRIÇÃO, 5., 1999, São Paulo. **Resumos....** São Paulo: SBAN, 1999. p. 258.

CASTELLANE, P. D.; VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. Feijão-de-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.): **Cultivo e Produção de Sementes**. Jaboticabal: FUNEP/FCAV-UNESP, 1988. 460 p.

CHIARADIA, A. C. N.; GOMES, J. C. **Feijão: química, nutrição e tecnologia**. Viçosa, 1997. 180 p.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e Manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Indicadores da agropecuária**. 2000. Disponível: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 02 jun. 2005.

DEL PELOSO, M. J.; FARIA, L. C. de.; COSTA, J. G. C. da; RAVA, C. A. **BRS Marfim**: nova cultivar de feijoeiro comum com tipo de grão mulatinho. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA, 2002. p. 1-2. (EMBRAPA. Comunicado Técnico, 48)

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**, Chicago, v. 52, p. 1330-1334, Sept./Oct. 1987.

DUNG, N. N. X.; MANH, L. H.; UDÉN, P. Tropical fibre sources for pigs digestibility, digesta retention and estimation of fibre digestibility in vitro. Department of Animal Sciences, Agricultural College, Cantho University, Cantho, Vietnam. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 102, n. 1/4, p. 109-124, Dec, 2002. Disponível em: <<http://www.elsevier.com/locate/anifeedsci>>. Acesso em: 11 mar. 2004.

EGG MENDONÇA, C. V. do C. **Caracterização química e enzimática de famílias de feijões obtidas do cruzamento das linhagens Amarelinho e CI 107**. 2001. 48 p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica e Agrobioquímica) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

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

ELPO, E. R. S.; FREITAS, R. J. S.; GOMES, E. C. Avaliação dos teores de ferro nos alimentos da cesta básica. **Archivos Latino-Americanos de Nutrición**, Guatemala, v. 48. n. 1, p. 65-67, 1998.

ESTEVES, A. M. **Comparação química e enzimática de seis linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 2000. 55 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

FERREIRA, D. F. Análises estatística por meio do SISVAR (Sistema para análise de variância) para Windows 4. 0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Programas e resumos...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

GARCIA, E.; LAJOLO, F. M. Starch alterations in hard-to cook beans (*Phaseolus vulgaris*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 42, n. 3, p. 612, Mar. 1994.

GAZZOLA, J. **Avaliação de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) cozidos através dos coeficientes de eficácia protéica e valor protéico relativo.** 1992. 61 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

GEIL, P. B.; ANDERSON, J. W. Nutrition and Health Implications of Dry Beans: a review. **Journal of the American College of Nutrition**, New York, v. 13, n. 6, p. 549-558, Dec. 1994.

GOYCOOLEA, F.; GONZÁLEZ, E.; BARRON, J. M.; et al. Efecto de los Tratamientos Caseros en las Preparaciones de Frijol Pinto (*Phaseolus vulgaris*) sobre el Contenido de Taninos y Valor Nutritivo de las Proteínas. **Archivos Latino-Americanos de Nutrición**, Guatemala, v. 15, n. 2, p. 263-273, 1990.

HASLAM, E. Vegetable tannins. **Recent Advances Phytochemistry**, New York, v. 12, p. 475-523, 1979.

KAKADE, M. L.; EVANS, R. J. Nutritive value of navy beans (*Phaseolus vulgaris*). **Brit. J. Nutr.**, 19:269-276, 1965.

KAKADE, M. L.; RACKIS, J. J.; MCGHEE, J. E.; PUSKI, G. Determination of trypsin inhibitor activity of soy product: a collaborative analysis of an improved procedure. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 51, n. 3, p. 376-382, 1974.

KAKADE, M. L.; SIMONS, N.; LIENER, I. E. An evaluation of natural vs. synthetic substrates for measuring the antitryptic activity of soybean samples. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 46, n. 5, p. 518-526, 1969.

LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I.; MENEZES, E. W. Qualidade nutricional. In: ARAUJO, R. S.; AGUSTÍN RAVA, C.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. de O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p. 71-99.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação de estado nutricional das plantas**. Piracicaba: Potafos, 1989. 201p.

MOURA, A. C. de C. **Análises físico-químicas e enzimáticas antes e após armazenamento em grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) submetidos a diferentes tempos e tipos de secagem.** 1998. 70 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. **Tropical Legumes: resources for the future.** Washington DC: National Academic Press, 1979.

- NIELSEN, S. S. Digestibility of legume proteins. **Food Technology**, Chicago, v. 45, n. 9, p. 112, Sept. 1991.
- OSBORN, T. C. Genetic Control of Bean Seed Protein. **CRC Critical Reviews in Plant Science**, Boca Raton, v. 7, n. 2, p. 93-116, 1988.
- PAREDES-LOPES, O.; MAZA-CALVINO, E.; CASTANEDA-GONZALEZ, J. Effect of the hardening phenomenon on some physico-chemical properties of common bean. **Food Chemistry**, Essex, v. 31, n. 3, p. 225-236, 1989.
- RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. **Como obter sucesso na cultura do feijoeiro no Estado de Minas Gerais**. Lavras: EMBRAPA, 2002. 7 p. (EMBRAPA. Circular Técnica, 50).
- REDDY, N. R.; PIERSON, M. D. Dry beans tannins a reviews of nutritional implications. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Champaign, v. 62, p. 541-549, Mar. 1985.
- REYES-MORENO, C.; PAREDEZ-LOPEZ, O. Hard-to-cook phenomenon in common beans – A review. **Critical Review in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 33, n. 3, p. 227-286, 1993.
- RIOS, A. de O. **Avaliação da época de colheita e do armazenamento no escurecimento e digestibilidade de três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 2000. 59 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- RIOS, A. de O.; ABREU, C. M. P.; CORRÊA, A. D. Efeito da estocagem e das condições de colheita sobre algumas propriedades físicas, químicas e nutricionais de três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.). **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v. 23, p. 39-45, dez. 2003. Suplemento.
- ROSAL, C. J. de S. **Seleção precoce para produtividade no feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1999. 51 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- SAIKIA, P.; SARKAR, C. R.; BORUA, I. Chemical composition, antinutritional factors and effect of cooking on nutritional quality of rice bean *Vigna umbellata* (Thunb; Ohwi and Ohashi). **Food Chemistry**, Essex, v. 67, n. 4, p. 347-352, Dec. 1998. Disponível em: <<http://www.elsevier.com/locate/foodchem>>. Acesso em: 11 mar. 2004.
- SALUNKE, D. K.; JADHAV, S. J.; KADAM, S. S.; et al. Chemical Biochemical and Biological Significance of Polyphenols in Cereals and

Legumes. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 17, n. 3, p. 277-305, 1982.

SARRUGE, J. R.; HAAG, N. P. **Análise química em plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1974. 59p.

SARTORI, M. R. Armazenamento. In: ARAÚJO, R. S.; AGUITÍN RAVA, C.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. de O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p. 543-562.

SATHE, S. K.; DESHPANDE, MS. S.; SALUNKHE, D. K. Dry beans of *Phaseolus*: a review. I – Chemical composition: proteins. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 20, p. 1-46, 1984.

SCALBERT. Antimicrobial properties of tannins. **Phytochemistry**, Elmsford, v. 30, n. 12, p. 3875-3883, Dec. 1991.

SGARBIERI, V. C. **Alimentação e nutrição**: fator saúde e desenvolvimento. São Paulo: Almed, 1987. 387p.

SGARBIERI, V. C. Estudo do conteúdo e de algumas características das proteínas e sementes de plantas leguminosas. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 32, n. 1, p. 78-84, jan./fev. 1980.

SGARBIERI, V. C.; ANTUNES, P. L.; ALMEIDA, L. D. Nutritional evaluation of four varieties of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Food Science**, Chicago, v. 44, n. 5, p. 1306-1308, Sept./Oct. 1979.

SGARBIERI, V. C.; WHITAKER, J. R. Physical, chemical, and nutritional properties of common bean (*Phaseolus*) proteins. **Advances in Food Research**, San Diego, v. 28, p. 93-166, 1982.

SILVA, D. J. da. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. Viçosa: UFV, 1990. 165 p.

SILVA, V. R.; IACHAN, A. Proteins from varieties of Brazilian beans (*Phaseolus vulgaris*). I. Quantification and fractionation of proteins. **Revista Brasileira de Tecnologia**, Brasília, v. 6, p. 133, 1975.

SOARES, A. G. Consumo e qualidade nutritiva. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5., 1996, Goiânia. **Anais...** Goiânia, 1996. v. 2, p. 73-79.

SOARES, A. G.; DELLA MODESTA, R. C.; CARVALHO, J. L. V. Avaliação Tecnológica de algumas cultivares de feijão visando avaliar as suas reais potencialidades de consumo. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5., 1996, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA/CNPAS, 1996. v. 1, p. 495-497.

STANLEY, D. W.; AGUILLERA, J. M. A Review of Textural Defects in Caged Reconstituted Legumes – The Influence of Structure and Composition. **Journal of Food Biochemistry**, Westport, v. 9, n. 4, p. 277-323, 1985.

STOCKAMN, D. R.; HALL, T. C.; RYAN, D. S. Affinity Chromatography of the Major Seed Protein of the Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Plant Physiology**, Rockville, v. 58, n. 3, p. 272-275, 1976.

SWAIN, T.; HILLIS, W. E. The phenolic constituents of *Prunus domestica* L. : The quantitative analysis of phenolic constituent. **Journal of Science of Food and Agriculture**, London, v. 10, n. 1, p. 63-68, Jan. 1959.

TEIXEIRA, J. C. **Nutrição de ruminantes**. Lavras: ESAL, 1992. 239 p.

THUNG, M.; AIDAR, H.; OLIVEIRA, I. P. de; KLUTHCOUSKI, J.; CABRERA, J. L. D.; CARNEIRO, G. E. S. Evaluation of large seeded bean in Brazil. **Annual Report of the Bean Improvement cooperative (BIC)**, Fort Collins, v. 43 p. 140, 2000.

TIBÚRCIO, G. T. **Alteração na Composição Centesimal nos Polifenólicos e na Digestibilidade *in vitro* da Proteína em seis Variedades de Feijão Alado (*Psophocarpus tetragonolobus*) após Armazenamento**. 1992. 54 p. Dissertação (Mestre em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Minas Gerais. Faculdade de Farmácia, Belo Horizonte.

VALLE-VEGA, P. et al. Effects del anvejecimento acelerado sobre factores antinutricionais en frijol (*Phaseolus vulgaris*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 10, p. 1, 1990.

VIEIRA, C. Leguminosas de Grãos: Importância na Agricultura e na Alimentação Humana. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 16, n. 174, p. 5-11, 1992.

ANEXO

	Página
TABELA 1A Resumo da análise de variância da proteína bruta das 93 linhagens de feijão.....	43
TABELA 2A Resumo da análise de variância da composição centesimal das 21 linhagens de feijão.....	43
TABELA 3A Resumo das análises de variância dos minerais P, K, Ca, Mg e S das 21 linhagens de feijão.....	43
TABELA 4A Resumo das análises de variância dos minerais Cu, Mn, Zn e Fe das 21 linhagens de feijão.....	43
TABELA 5A Resumo das análises de variância da digestibilidade protéica <i>in vitro</i> , dos compostos fenólicos e do inibidor de tripsina das 21 linhagens de feijão.....	44

TABELA 1A Resumo da análise de variância da proteína bruta das 93 linhagens de feijão.

FV	GL	Quadrado Médio	
		Proteína bruta (PB)	
Linagem	92	26.1388**	
Resíduo	186	0.4928	
CV(%)		2,53	

**Teste F significativo a 1 % de probabilidade.

TABELA 2A Resumo da análise de variância da composição centesimal das 21 linhagens de feijão.

FV	GL	Quadrado Médio		
		FDN	EE	Cinzas
Linagem	20	46,6063**	0,6683**	1,1674**
Resíduo	42	0,2887	0,0078	0,0160
CV(%)		3,97	5,69	3,31

**Teste F significativo a 1 % de probabilidade.

TABELA 3A Resumo das análises de variância dos minerais P, K, Ca, Mg e S das 21 linhagens de feijão.

FV	GL	Quadrado Médio				
		P	K	Ca	Mg	S
Linagem	20	0,0230**	0,3136**	0,0135**	0,0107**	0,0117**
Resíduo	42	0,0007	0,0082	0,0005	0,0014	0,0005
CV(%)		4,45	4,73	20,31	15,50	5,91

**Teste F significativo a 1 % de probabilidade.

TABELA 4A Resumo das análises de variância dos minerais Cu, Mn, Zn e Fe das 21 linhagens de feijão.

FV	GL	Quadrado Médio			
		Cu	Mn	Zn	Fe
Linagem	20	10,4665**	70,8679**	177,0674**	936,0421**
Resíduo	42	4,3311	2,1859	12,9377	11,4587
CV(%)		14,71	7,15	7,55	3,61

**Teste F significativo a 1 % de probabilidade.

TABELA 5A Resumo das análises de variância da digestibilidade protéica *in vitro*, dos compostos fenólicos e do inibidor de tripsina e das 21 linhagens de feijão.

FV	GL	Quadrado Médio		
		Digestibilidade	Compostos fenólicos	Inibidor de tripsina
Linhagem	20	288,9441**	0,0865**	1899,5131**
Resíduo	42	2,0851	0,0010	23,9392
CV(%)		4,30	3,61	4,85

**Teste F significativo a 1 % de probabilidade.