

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E
ENZIMÁTICA DE FAMÍLIAS DE FEIJÕES
OBTIDAS DO CRUZAMENTO DAS
LINHAGENS AMARELINHO E CI 107**

CARLA VIVIANE DO CARMO EGG MENDONÇA

2001

51722 MFN

36538

CARLA VIVIANE DO CARMO EGG MENDONÇA

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E ENZIMÁTICA DE
FAMÍLIAS DE FEIJÕES OBTIDAS DO CRUZAMENTO
DAS LINHAGENS AMARELINHO E CI 107**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agroquímica e Agrobioquímica, para obtenção do título de "Mestre".

Orientadora

Profa.Dra. Celeste Maria Patto de Abreu

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2001

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

Egg Mendonça, Carla Viviane do Carmo

Caracterização química e enzimática de famílias de feijões obtidas do cruzamento das linhagens Amarelinho e CI 107 / Carla Viviane do Carmo Egg Mendonça.-- Lavras : UFLA, 2001.

48 p. : il.

Orientador: Celeste Maria Patto de Abreu.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Feijão. 2. Proteína bruta. 3. Lignina. 4. Polifenóis. 5. Peroxidase. 6. Polifenoloxidasas. 7. Digestibilidade proteica. I. Universidade Federal de Lavras.
II. Título.

CDD-574.1925

CARLA VIVIANE DO CARMO EGG MENDONÇA

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E ENZIMÁTICA DE
FAMÍLIAS DE FEIJÕES OBTIDAS DO CRUZAMENTO
DAS LINHAGENS AMARELINHO E CI 107**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agroquímica e Agrobioquímica, para obtenção do título de "Mestre".

APROVADA em 20 de fevereiro de 2001


Prof. Dra. Angelita Duarte Corrêa

UFLA


Prof. Dr. Augusto Ramalho Moraes

UFLA


Dra. Celeste Maria Patto de Abreu

UFLA

(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

Aos meus pais, Egg e Otília,
pela vida e todo apoio.

Às minhas irmãs, Cíntia e Kiki,
pela amizade.

À minha sobrinha Érika,
pela alegria.

AGRADEÇO

Ao meu marido,
Leonardo,
pelo seu incentivo ,
compreensão,
companheirismo,
carinho e amor
irrestritos.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela oportunidade da vida e pela presença em meu caminho.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), especialmente ao Departamento de Química, a todos os seus professores e funcionários, pela oportunidade e ajuda.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro.

À minha orientadora, Celeste Maria Patto de Abreu, pelos conhecimentos, apoio, incentivo e amizade.

Ao Departamento de Biologia Setor de Genética e Melhoramento de Plantas, em especial ao Professor Magno Antônio Patto Ramalho, pelo fornecimento dos feijões para o experimento

Ao Professor Augusto Ramalho de Moraes, pelos ensinamentos e orientação nas análises estatísticas.

A todos os professores do curso, pelos conhecimentos transmitidos, especialmente Angelita Duarte Corrêa, Custódio Donizete dos Santos e Maria das Graças Cardoso.

Aos funcionários do Laboratório de Análise Foliar do Departamento de Química, Marcelo, Wilson, Joales, Guimarães, Liége, Marli, Maria Aparecida e Cleusa, pelo auxílio prático, pela valorosa amizade e orientações para a realização deste trabalho.

Às laboratoristas Tina e Sandra, pela colaboração e amizade.

Aos amigos e colegas da pós-graduação, pelo apoio e convívio.

A todos os familiares e amigos, pela compreensão, apoio e amizade.

A todos que contribuíram de alguma forma para a concretização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	i
ABSTRACT	ii
1 INTRODUÇÃO	01
2 REFERENCIAL TEÓRICO	03
2.1 Produção de feijão	03
2.2 Cultivares	05
2.3 Composição química	06
2.3.1 Proteína bruta	07
2.3.2 Lignina	08
2.3.3 Polifenóis	09
2.4 Peroxidase e Polifenoloxidase	11
2.5 Digestibilidade protéica	14
3 MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1 Matéria-prima	17
3.2 Umidade	17
3.3 Proteína bruta.....	17
3.4 Lignina.....	18
3.5 Polifenóis.....	18
3.6 Peroxidase	18
3.7 Polifenoloxidase	19
3.8 Digestibilidade protéica <i>in vitro</i>	19
3.9 Delineamento experimental e Análise estatística	20
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
4.1 Proteína bruta	21
4.2 Lignina	23

4.3 Polifenóis	25
4.4 Peroxidase	28
4.5 Polifenoloxidase	31
4.6 Digestibilidade protéica <i>in vitro</i>	33
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	37
6 CONCLUSÃO	39
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
ANEXOS	47

RESUMO

EGG MENDONÇA, Carla Viviane do Carmo. Caracterização química e enzimática de famílias de feijão, obtidas do cruzamento das linhagens Amarelinho e CI 107. Lavras: UFLA, 2001, 48p. (Dissertação - Mestrado em Agroquímica e Agrobioquímica).*

O feijão é um dos alimentos encontrados em maior quantidade em todo o território nacional e é cultivado em quase todos os países. É uma importante fonte de proteína na dieta do povo brasileiro, estando presente na alimentação da população rural e urbana. Neste trabalho caracterizaram-se cem famílias de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) obtidas do cruzamento das linhagens Amarelinho e CI 107, com o objetivo de fornecer subsídios aos melhoristas. Os feijões utilizados foram provenientes do Departamento de Biologia, setor de Genética e Melhoramento de Plantas da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras-MG. Os grãos foram moídos em moinho refrigerado e as farinhas guardadas em frascos de vidro em temperatura ambiente até análises de: proteína bruta, lignina, polifenóis, peroxidase, polifenoloxidase e digestibilidade protéica *in vitro*. De acordo com as condições experimentais utilizadas neste trabalho, encontraram-se teores de proteína bruta entre 21,23 e 33,65 g/100g de farinha em base seca. Dentre as famílias, 72% delas apresentaram teores de lignina abaixo de 4,17 g/100g de farinha em base seca. Os teores de polifenóis variaram de 160,09 e 1.531,83 mg de equivalente de ácido tânico/100g de farinha em base seca. As atividades, em U/g, da peroxidase e polifenoloxidase variaram de 308,69 a 1.749,29 e de 0,68 U/g a 42,85. Em relação a digestibilidade protéica *in vitro*, 69% das famílias apresentaram teores acima de 51%. Os resultados sugerem que a maior parte das famílias, se armazenadas, poderão ter sua qualidade afetada devido aos elevados teores de polifenóis e atividade da peroxidase. Concluiu-se que a família 37 (grãos tipo carioca) foi a que apresentou resultados satisfatórios em todas as variáveis analisadas, mostrando a necessidade da continuação de melhoramentos genéticos.

* Comitê orientador: Dra. Celeste Maria Patto de Abreu – UFLA (orientadora), Dr. Custódio Donizete dos Santos e Dra. Angelita Duarte Corrêa - UFLA

ABSTRACT

EGG MENDONÇA, Carla Viviane do Carmo. **Quimic characterization and enzymatic from bean families (*Phaseolus vulgaris* L.) obtained crosses between Amarelinho lineage and CI 107.** Lavras: UFLA, 2001. 48p. (Dissertation - Master in Agroquimic and Agrobioquimic) *.

Beans are one of the foods most found in greatest quantity Brazil and it is cultivated in almost all of the countries. It is an important source of protein for the Brazilian people in rural and urban areas. In this work was performed with one hundred bean families (*Phaseolus vulgaris* L.) obtained by crosses between Amarelinho lineage and CI107 with target to offer subsidies to genetic engineers. The beans used were the from Biology Department Genetic and Plants Improvement from the Universidade Federal de Lavras (UFLA)- Lavras – MG. The grains were grinded in a refrigerate mill and the meal was kept in a glass pot at room temperature until analysis: crude protein, lignin, polyphenols, peroxidase, polyphenoloxidase and *in vitro* protein digestibility. In agreement with experimental conditions used in this work different levels of crude protein between 21,23 and 33,65 g/100g of meal in dry base was found. Among those families, 72% presented levels of lignin below 4,17 g/100g of meal in dry base. The polyphenols levels varied between 160,09 and 1.531,83 mg of tanic acid equivalent/100g meal in dry base. The activities in U/g , of peroxidase and polyphenoloxidase varied between 308,69 to 1.749,29 and by 0,68 to 42,85. In relation to the *in vitro* protein digestibility, 69% of these families showed levels above 51%. The results suggested that the most part of the families, if stored, could have their quality affected by elevated levels of polyphenolis and peroxidase activity. Concluding that the family 37 (grain type carioca) presented satisfactory results in all variables analysed, showing that the continuation of better genetics is needed.

* Guindance Committe: Dra. Celeste Maria Patto de Abreu – UFLA (Major Professor), Dr. Custódio Donizete dos Santos and Dra. Angelita Duarte Corrêa - UFLA

1 INTRODUÇÃO

Dentre os vegetais, as leguminosas constituem uma boa alternativa de proteínas e carboidratos, sendo um dos principais suprimentos protéicos em áreas onde fontes de proteína animal são escassas ou caras.

A cultura do feijoeiro ocupa uma área de 12 milhões de hectares no mundo e constitui-se a leguminosa mais importante para a alimentação de mais de 500 milhões de pessoas na América Latina, Ásia e África. Considerando todos os gêneros e espécies de feijão incluídos nas estatísticas da FAO (1993)¹, o Brasil é o segundo maior produtor de feijão do mundo, perdendo apenas para a Índia.

No Brasil, os feijões consumidos pertencem ao gênero *Phaseolus*. Este gênero compreende mais de cem espécies, das quais somente quatro são cultivadas comercialmente: *Phaseolus vulgaris* L., *Phaseolus coccineus* L., *Phaseolus acutifolius* var *latifolius* e *Phaseolus lunatus*.

O feijão desenvolve-se bem em áreas com chuvas regulares, desde os trópicos até as zonas temperadas. Devido a sua boa adaptação às mais variadas condições edafoclimáticas do Brasil, o feijoeiro faz parte da maioria dos sistemas produtivos dos pequenos e médios agricultores, cuja produção é direcionada ao consumo familiar e à comercialização do excedente.

Na alimentação dos brasileiros, o feijão é a principal fonte de proteína (20 a 28%), seguindo, em importância, a carne bovina e o arroz. Apenas esses três alimentos básicos contribuem com 70% da ingestão protéica, além de ser uma cultura de grande expressão socioeconômica no Brasil. Essa importância alimentar deve-se, especialmente, ao menor custo de sua proteína em relação aos produtos de origem animal.

Quanto ao aporte calórico, o feijão ocupa o terceiro lugar entre as fontes de calorias ingeridas, sendo o primeiro e o segundo lugares ocupados pelo arroz e o açúcar, respectivamente.

O feijão é uma excelente fonte nutricional, fornecendo nutrientes essenciais como proteínas, ferro, cálcio, magnésio, zinco, vitaminas (principalmente do complexo B), carboidratos e fibras. Possui, ainda, lisina, que é um aminoácido essencial.

A preferência do consumidor brasileiro é pelo produto de colheita mais recente, já que a qualidade do feijão é afetada no decorrer do tempo de armazenamento. Essa perda de qualidade manifesta-se pelo aumento no grau de dureza do feijão, requerendo aumento no tempo de cozimento, além de alterações no sabor e escurecimento do tegumento.

Existem vários fatores que influenciam a qualidade do feijão, os quais podem predispor os grãos a uma má qualidade, mesmo logo após a colheita. Esses fatores podem ser extrínsecos e intrínsecos. Os de caráter intrínseco podem ser melhorados pela genética. Assim, inúmeros trabalhos de melhoramento genético do feijoeiro vêm sendo desenvolvidos no Departamento de Biologia, Setor de Genética e Melhoramento de Plantas da Universidade Federal de Lavras.

Com o objetivo de fornecer subsídio aos melhoristas, este trabalho estudou alguns fatores químicos e enzimáticos que influenciam a qualidade dos grãos em cem famílias de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) obtidas do cruzamento de duas linhagens: Amarelinho e CI 107.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Produção de feijão

Os feijões são originários do continente americano, especificamente no sul dos Estados Unidos, México, América Central e norte da América do Sul (Kaplan, 1965). Na Europa, foi introduzido no século XVI, tornando-se, então, uma cultura importante em várias regiões do globo (Gazzola, 1992).

A adaptação do feijoeiro comum ocorre em áreas de temperatura amena e quente, solos profundos e bem drenados, sem excesso ou falta de água (Ramalho, Santos e Zimmermann, 1993). De forma geral, é um dos grãos mais consumidos no mundo e exemplifica todos os problemas associados com estes materiais. É de importância particular na América Central e na do Sul, onde a dieta tradicional é baseada em milho e feijões (Carpenter, 1981).

O feijão é uma leguminosa bastante difundida em todo o território nacional. É plantado, preferencialmente, como cultura de subsistência, em pequenas propriedades, contudo, nos últimos anos, houve um crescente interesse por parte de produtores de outras classes, em cujo sistema de produção são adotadas tecnologias avançadas, incluindo a irrigação por aspersão (Yokoyama, Banno e Kluthcouski, 1996).

Segundo Agridata (2000), o feijão em Minas Gerais é cultivado em três épocas distintas:

-safra das águas ou 1ª 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;

-safra da seca ou 2ª 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 intercalar com outras culturas, irrigado ou não;

-safra de inverno ou 3ª safra: cultivo exclusivamente irrigado, no período de abril a junho, com maior concentração em maio.

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

Dentre os principais produtores mundiais de feijão destacam-se o Brasil, a Índia, a China, o México e os Estados Unidos da América. Até o final da década de 70, a produtividade brasileira foi a mais alta (Sartori, 1996). O Brasil é o maior produtor e consumidor de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) no mundo. A lavoura brasileira ocupa 5 milhões de hectares e a produção é de 2,8 milhões de toneladas por ano.

A demanda por feijão tem aumentado porque a população brasileira cresce à razão de 1,8% ao ano. 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).

Em âmbito regional, a produção nacional de feijão do gênero *Phaseolus*, baseando-se em dados da safra de 1994, apresentou os seguintes índices: região sul 40%, região sudeste 29%, região nordeste 19%, região centro-oeste 7% e região norte apenas 5% (Yokoyama, Banno e Kluthcouski, 1996).

A produção mundial de grãos está decrescendo, principalmente por causa dos maiores rendimentos obtidos com outros produtos. Contudo, os governos e agências internacionais continuam encorajando a produção destes

grãos devido à convicção de que eles possuem uma contribuição especial na alimentação, substituindo o consumo de leite e outros produtos animais (Carpenter, 1981).

2.2 Cultivares

Muito discutido e disseminado nos dias atuais é o aspecto de adulteração genética das plantas. Os feijões ocupam um lugar de destaque entre as exceções, pois podem-se encontrar variedades selvagens como: Guandu, Branco, Fava, Moyashi, Adzuki, de Corda, Tremoço, Corado, em qualquer lugar. Entre as espécies da região manipuladas geneticamente, podem-se citar: Preto, Carioquinha, Rajado e Jalo (Rios, 2000).

Segundo Miranda (1968), a seleção de cultivares de uma cultura, como a do feijão envolve diversos aspectos qualitativos e quantitativos relacionados a consumidores e agricultores. O objetivo é obter, durante o processo de seleção, características desejáveis como elevada produtividade, resistência a pragas, tolerância a déficit hídrico, entre outros fatores. No entanto, a coloração do hilo ou forma do grão é um fator de grande importância, já que pode provocar a rejeição do cultivar pelo consumidor.

O número de cultivares de feijão cultivados no Brasil é desconhecido, mas sabe-se que é elevado (Moura, 1998). 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).

O objetivo do melhoramento do feijoeiro é a obtenção de variedades que apresentem alta produtividade aliada à resistência às doenças, com produção de sementes possuindo forma, tamanho, cor e brilho aceitáveis no mercado. Os

grãos de feijão devem possuir características culinárias desejáveis, como: facilidade de cocção, boa palatabilidade, textura macia da casca, capacidade de produzir caldo claro e denso após o cozimento (Moura, 1998).

De acordo com Vilhordo et al. (1996), as plantas de feijoeiro apresentam dois tipos de hábito de crescimento: determinado e indeterminado. O primeiro é também denominado de arbustivo, devido ao fato de a planta ser baixa, ereta e muito ramificada. O caule principal termina numa inflorescência quando tiver de quatro a oito entrenós, não apresentando alongamento posterior, mesmo sob condições favoráveis de umidade e temperatura ou quando as folhas forem removidas para impedir a produção de frutos. Nos feijoeiros de hábito indeterminado, também chamados de volúveis, pela capacidade de enrolarem-se em um suporte, a primeira inflorescência aparece do primeiro ao quinto nó do caule principal, e as demais, progressivamente, nos nós que são acrescidos durante o desenvolvimento. Em condições favoráveis, as plantas de hábito indeterminado podem continuar desenvolvendo-se por um longo tempo.

De acordo com os dados obtidos sobre hábito de crescimento em feijoeiro, Vilhordo et al. (1996) propuseram a seguinte classificação, baseada principalmente no tipo de orientação de suas ramificações:

Tipo I – determinado arbustivo, com ramificação ereta e fechada;

Tipo II – indeterminado, com ramificação ereta e fechada;

Tipo III – indeterminado, com ramificação aberta;

Tipo IV – indeterminado, prostrado ou trepador.

2.3 Composição química

Segundo Barampama e Simard (1993), a composição centesimal do feijão varia de acordo com o local do plantio, fatores ambientais e com o cultivar. Os teores (g/100g) de proteínas situa-se entre 22 e 26; carboidratos entre 62 e 67; cinzas 3,8 e 4,5; lipídeos 1,9 e 2,0 e fibra bruta 3,8 e 5,7. O feijão

(*Phaseolus vulgaris* L.) possui, em média, de 4,5 a 13 g/100g de fibras alimentares (Soares, Della Modesta e Carvalho, 1996).

A partir de dados do Estudo Nacional de Despesa Alimentar (ENDEF), verifica-se que ele contribui com 18,5% do consumo de proteínas, chegando a representar, no nordeste, 34% do ferro consumido pela população (IBGE, 1978).

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é um dos alimentos mais tradicionais na dieta alimentar do brasileiro. Portanto a sua contribuição como fonte de proteína e caloria é bastante significativa. Quanto ao aporte de calorias, o feijão ocupa o terceiro lugar entre os alimentos consumidos, totalizando 11,2% das calorias ingeridas (Soares, 1996).

2.3.1 Proteína bruta

O feijão seco tem sido reconhecido como alimento com alto teor protéico, entretanto, o valor biológico dessas proteínas é geralmente baixo quando comparado com a maioria das proteínas de outros alimentos. Este valor está diretamente relacionado ao seu baixo conteúdo de aminoácidos sulfurados, particularmente a metionina, encontrada em suas proteínas (Evans e Bauer, 1978).

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 do alto teor de lisina no feijão com aminoácidos sulfurados dos cereais. Embora o valor nutritivo da proteína do feijão seja baixo quando utilizado como única fonte de proteína, a combinação de feijão com arroz, por exemplo, forma uma mistura de proteínas que é mais nutritiva que o feijão ou arroz sozinhos. Isso 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. Assim, a mistura dos dois tipos de alimentos em proporções adequadas resulta numa complementação de

proteínas de mais alto valor biológico (Gazzola, 1992). O hábito da população brasileira de ingerir arroz com feijão torna o valor biológico da dieta próximo às proteínas de origem animal (Bressani, 1993).

As principais frações solúveis da proteína do feijão (globulinas e albuminas) representam, em média, 75% do total. As proporções entre essas duas frações podem variar de acordo com o cultivar e a qualidade protéica está relacionada ao teor relativo de cada uma delas (Lajolo, Genovese e Menezes, 1996). As globulinas correspondem de 33,5% a 81% e as albuminas de 12% a 52,4% da proteína total presente (Deshpande e Nielsen, 1987). Entre estas frações, a albumina tem mostrado menor digestibilidade, que não é aumentada pelo aquecimento (Sgarbieri, Antunes e Almeida, 1979).

O ácido fítico pode se complexar com as proteínas em meio ácido por meio da interação com os grupos básicos, tais como os da lisina. Em pH alcalino, as proteínas podem ainda interagir com o ácido fítico por meio de pontes formadas entre os grupos carboxila carregados negativamente, cátions divalentes e o ácido fítico. Essa formação de complexos insolúveis entre o ácido fítico e as proteínas em pH ácido podem levar a uma diminuição da sua digestibilidade pela pepsina (Cheryan, 1980).

2.3.2 Lignina

A lignina é uma substância orgânica de natureza química complexa, derivada do fenilpropano. É impermeável à água, muito resistente à pressão e pouco elástica. Depois da celulose, é o polímero vegetal mais abundante. A lignina deposita-se na parede celular partindo da lamela média, onde é encontrada em maior quantidade (60% a 90%). A porcentagem decresce bastante quando se passa da parede primária para a secundária. É a lignina que dá às células vegetais grande resistência à pressão e à tração (Modesto e Siqueira, 1981).

O endurecimento dos tecidos vegetais da bainha das vagens de muitas espécies de leguminosas, que acontece pouco depois da colheita, está relacionado com a biossíntese dos compostos da parede celular, entre eles a lignina. A lignificação das membranas celulares lhes proporciona uma considerável resistência e rigidez. A formação de lignina devido à polimerização de fenóis pode estar relacionada com a enzima peroxidase. Essa enzima pode estar envolvida no processo de lignificação da lamela média dos cotilédones (Hincks e Stanley, 1987). A lignina, quando forma complexos com proteínas, causa endurecimento dos feijões.

2.3.3 Polifenóis

Os polifenóis abrangem um extenso grupo de substâncias que possuem um anel aromático contendo pelo menos uma hidroxila (Ribéreau – Gayon, 1972). Estes compostos incluem: fenóis simples e outros glicosilados, ácidos fenol-carboxílicos, derivados dos ácidos benzóico e cinâmico, alfa-pirones (coumarinas e isocoumarinas), ligninas, flavonóides (flavononas, antocianinas e catequinas) e quinonas. Em geral tendem a ser solúveis em água, uma vez que ocorrem freqüentemente na forma de glicosídeos e localizados usualmente nos vacúolos celulares (Harborne, 1989).

Os compostos, classificados como ácidos fenólicos e derivados, taninos e flavonóides, são grupos de substâncias naturais largamente distribuídos no reino vegetal e também nos produtos originários destes vegetais. Ocorrem nos grãos de cereais e leguminosas e em quantidades apreciáveis em certos cultivares pigmentados de sorgo, painço e alguns feijões (Deshpande, Cheryan e Salunkhe, 1986).

Em leguminosas, os taninos são os polifenóis de maior importância. Eles possuem a propriedade de formar complexos coloridos com sais de ferro,

compostos insolúveis com sais de chumbo e de sofrer substituição eletrofilica aromática de acoplamento com sais de diazônio e aldeídos (Haslam, 1979).

Os taninos presentes nas leguminosas consistem de uma série de fenóis poliméricos, insolúveis em solventes polares (éter, clorofórmio, benzeno) e levemente solúveis em acetato de etila, água e álcool, formando soluções coloidais, devido à presença de grupos polares (Deshpande, Cheryan e Salunkhe, 1986). São polímeros termoestáveis de quatro a cinco unidades de catequina e estão envolvidos no baixo aproveitamento de nutrientes do feijão (Bressani, 1993). Estes compostos possuem propriedades antimicrobianas, indicando uma possível função como mecanismo de defesa da planta (Scalbert, 1991).

O escurecimento do tegumento tem sido atribuído à presença de polifenóis e, nos últimos anos, as pesquisas se intensificaram a respeito do papel que estes compostos podem ter em leguminosas e especialmente no feijão. Estes compostos ocorrem naturalmente nas sementes de cereais e leguminosas e, se presentes em grandes quantidades, podem diminuir a biodisponibilidade de proteínas e minerais (Iaderoza et al., 1989).

Além dos possíveis efeitos dos taninos sobre a biodisponibilidade de minerais, a sua importância nutricional parece estar mais associada à sua influência sobre a digestibilidade das proteínas. Os taninos do feijão possuem a capacidade de formar complexos com a faseolina *in vitro*, basicamente por meio de interações hidrofóbicas, produzindo uma diminuição significativa na digestibilidade dessa proteína, tanto na forma nativa como na desnaturada, mesmo em concentrações elevadas de proteases (Lajolo, Genovese e Menezes, 1996).

O conteúdo dos polifenóis varia de acordo com a coloração da casca onde se encontram. Moura (1998) encontrou teores elevados de fenólicos totais, antes e após o armazenamento, para a cultivar CMG, que possui tegumento de

cor escura. A linhagem H₄, que possui tegumento mais claro, apresentou menores teores de fenólicos totais, antes e após o armazenamento.

Também se observa uma correlação 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 (1993), as hipóteses acerca de sua ação seriam a formação de complexos com as proteínas do feijão durante o cozimento ou consumo e/ou com as enzimas digestivas levando à sua inativação.

2.4 Peroxidase e Polifenoloxidase

A oxidação enzimática de compostos fenólicos pela peroxidase e polifenoloxidase resulta, reconhecidamente, no escurecimento de tecidos vegetais (Whitehead e Swardt, 1982). Estas enzimas estão envolvidas na formação de poliméricos coloridos e essa reação pode ser chamada de escurecimento enzimático (Fox, 1991).

A enzima peroxidase é largamente distribuída nos reinos animal e vegetal e é o único grupo de enzimas presentes em todas as plantas superiores estudadas (Robinson e Eskin, 1991). A peroxidase é um membro da vasta família das enzimas chamadas de oxiredutases (E.C.1.11.1.7), que catalisam a oxidação de um grande número de aminas aromáticas e fenóis pelo peróxido de hidrogênio. Possui o grupo prostético ferriprotoporfirina IX (Fe⁺⁺⁺), o qual influencia as reações as quais catalisam (Araújo, 1999), embora outras peroxidases menos usuais possam conter também íons metálicos como o selênio, vanádio ou grupo prostético flavan (Robinson e Eskin, 1991).

A peroxidase catalisa a reação geral:



sendo que ROOH pode ser HOOH ou outro peróxido orgânico, como éter peróxido, peróxido de hidrogênio etílico ou peróxido butílico. A reação

enzimática processa-se por meio de um número de complexos intermediários (Fox, 1991).

Araújo (1999) relata que a peroxidase é uma enzima importante sob os pontos de vista nutricional, de coloração e de “flavor”. A atividade da peroxidase pode levar à destruição da vitamina C e descoloração de carotenóides e antocianinas, além de catalisar a degradação não-enzimática de ácidos graxos insaturados, com conseqüente formação de compostos voláteis (sabor oxidado). A atividade da peroxidase está associada ao aparecimento de sabores estranhos em alimentos termicamente processados de maneira inadequada, sem que ocorra a inativação da enzima.

A polifenoloxidase (o-difenol: oxigênio oxiredutase – E.C.1.10.3.1) também pertence ao grupo das oxiredutases. Esta classe de enzimas possui uma série de nomes triviais, provenientes de seu substrato preferencial, como tirosinase, cresolase, fenolase, ortodifenol oxidase e catecolase (Almeida, 1991).

A polifenoloxidase pode catalisar dois tipos diferentes de reações, ambas envolvendo compostos fenólicos e oxigênio molecular: hidroxilação dos monofenóis a ortodihidroxifenóis correspondentes e oxidação de ortodihidroxifenóis a ortoquinonas. O grupo prostético da polifenoloxidase é o cobre, estando presente na proporção de um átomo de cobre por molécula. A hidroxilação de monofenóis ocorre pela combinação do cobre, no estado cuproso, com o oxigênio molecular e sua conversão para o estado cúprico e formação do difenol. O cobre pode ser removido da enzima que, deste modo, ficará desativada. Porém, a sua reativação poderá ocorrer pela adição de cobre (Almeida, 1991).

A polifenoloxidase é encontrada praticamente em todos os tecidos vegetais, em concentrações especialmente altas em cogumelo, batata, pêssego, maçã, banana, manga, folhas de chá, abacate e café. Sua atividade pode ser variada em função da variedade, do estágio de maturação e das condições de

cultivo. Tão logo ocorra a ruptura do tecido, inicia-se a reação de escurecimento (Araújo, 1999).

As reações de escurecimento enzimático ocorrem no tecido vegetal quando há ruptura da célula e a reação não é controlada, muito embora, no tecido intacto, possa também ocorrer o escurecimento. Ocorrem também em situações de inibição de respiração durante o armazenamento em atmosfera controlada, uso de embalagem imprópria, deficiência de ácido ascórbico no tecido vegetal, armazenamento a frio e radiação ionizante (Araújo, 1999).

A suscetibilidade ao escurecimento ou a tendência ao escurecimento enzimático tem sido relacionada diretamente ao teor de polifenoloxidase e peroxidase presente e à concentração de compostos fenólicos endógenos no tecido ou à combinação destes dois fatores. Dados publicados divergem em relação a qual dos dois fatores, enzima ou substrato, exerce papel fundamental na determinação da taxa de escurecimento do produto (Almeida, 1991).

Em seu trabalho, Moura (1998) obteve, para a cultivar CMG, de tegumento escuro, uma atividade média de peroxidase sensivelmente diferenciada das demais (Carioca e H₄ de tegumento mais claro), com valores aproximadamente três vezes maiores, confirmando, portanto, a cor escura de seu tegumento logo após a colheita.

Em feijão, a coloração dos tegumentos foi medida pela porcentagem de reflectância relativa. O fato de o escurecimento do tegumento não ter sido verificado na ausência de oxigênio, apesar da temperatura relativamente elevada (25°C), indica que o escurecimento não é devido a reações químicas do tipo Maillard, mas sim à oxidação enzimática de compostos fenólicos pela polifenoloxidase, na realidade, a única reação de escurecimento que é dependente da presença de oxigênio. De acordo com Elias, Bressani e Flores (1973), em feijões com tegumento colorido, as concentrações de tanino são elevadas (38 a 43 mg/g) quando comparadas às de feijão com tegumento branco

(1 a 3 mg/g). A oxidação de taninos pode ser catalisada pela catecol-oxidase, uma polifenoloxidase presente no próprio tegumento e cuja atividade depende da presença de oxigênio (Luh e Phithakpol, 1972).

Estima-se que em torno de 50% da perda de frutas tropicais no mundo é devida à enzima polifenoloxidase. A ação dessa enzima resulta na formação de pigmentos escuros, freqüentemente acompanhados de mudanças indesejáveis na aparência e nas propriedades organolépticas do produto, resultando na diminuição da vida útil e do valor de mercado. A o-quinona formada pode interagir com grupos *amina* e *tiol*, reduzindo a disponibilidade da lisina, metionina, tiamina e de outros nutrientes essenciais (Araújo, 1999).

2.5 Digestibilidade protéica

A digestibilidade protéica é um parâmetro nutricional que avalia o aproveitamento de uma fonte protéica, podendo ser influenciada por vários compostos-inibidores de enzimas digestivas, hemaglutininas, polifenólicos, etc.

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

A digestibilidade varia conforme a cultivar, sendo a digestibilidade dos grãos brancos melhor que a dos vermelhos (Reddy e Pierson, 1985), fato associado ao teor e à natureza dos taninos da casca dos cultivares coloridos (Aw e Swanson, 1985). Ela varia também com as condições de armazenamento e processamento. Antunes e Sgarbieri (1979), por exemplo, observaram que feijões armazenados em umidade relativamente alta apresentaram um longo

tempo de cocção devido ao desenvolvimento do endurecimento pós-colheita e tinham também redução proporcional do valor nutricional.

Os polifenóis livres inibem várias enzimas digestivas em sistemas *in vitro*. Esses compostos estão envolvidos nas ligações da lignina com os carboidratos da parede celular e essa associação reduz a digestibilidade. Há também o fato de os fenóis simples precipitarem as proteínas pela formação de um revestimento hidrofóbico, semelhante à complexação taninos-proteínas (Lopes, 1990).

Rios (2000) encontrou, para a cultivar Carioca, melhor digestibilidade (52,81%) quando comparado com os cultivares ESAL 550 (52,70%) e CI 128 (48,83%). A cultivar Carioca foi a que apresentou menor nível de fenólicos totais e estes podem ter influenciado à digestibilidade, uma vez que podem complexar proteínas, reduzindo o seu aproveitamento.

Bressani (1993) apontou a reduzida digestibilidade das proteínas do feijão (e de outras leguminosas) como sendo multicausal, sugerindo a ação de fatores ligados à casca (taninos), aos cotilédones (inibidores de natureza protéica, taninos, fitatos, inibidores de proteases) e ao processamento e armazenamento. Para Badiale (1979), a baixa digestibilidade dos feijões se deve a dois fatos: 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, Genovese e Menezes (1996), o problema está nas moléculas protéicas, como elas interagem entre si e com outros componentes e como essas interações ocorrem no armazenamento e processo industrial.

A digestibilidade protéica *in vitro*, pelo sistema seqüencial pepsina-pancreatina, das lecitinas 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 térmico é essencial para destruir fatores antinutricionais e para tornar o grão palatável e útil como alimento para consumo humano (Lajolo, Genovese e Menezes, 1996).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Matéria-prima

Neste trabalho foram estudadas cem famílias de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), obtidas do cruzamento dos feijões Amarelinho e CI-107. Estas famílias foram fornecidas pelo Setor de Genética e Melhoramento de Plantas do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras (UFLA) / Lavras – MG. Foram também cultivadas no Setor Experimental daquele Departamento, na safra das águas, colhidas em fevereiro de 2000.

A linhagem Amarelinho apresenta grão amarelo, hábito de crescimento tipo III, ciclo de 90 dias, porte prostrado e baixa absorção de água.

A linhagem CI-107 apresenta grão tipo carioca, hábito de crescimento tipo III, ciclo normal (90 dias), porte prostrado e boa absorção de água.

Os grãos foram moídos em moinho refrigerado e as farinhas guardadas em frasco de vidro, em temperatura ambiente, até a realização das análises.

3.2 Umidade

Para a transformação dos dados em base seca a farinha foi seca em estufa a 105°C até peso constante (AOAC, 1990).

3.3 Proteína bruta

Utilizou-se o método micro-Kjeldahl. Após digestão da amostra com a mistura digestora (sulfato de cobre e sulfato de potássio) e ácido sulfúrico e posterior destilação no aparelho de destilação micro-Kjeldahl, procedeu-se à titulação com a solução de ácido clorídrico. Os resultados foram expressos em gramas de proteína por 100 gramas de farinha em base seca, empregando-se 6,25 como fator de conversão de nitrogênio.

3.4 Lignina

Os teores de lignina foram determinados pelo método gravimétrico de oxidação da lignina pelo permanganato de potássio, proposto por Van Soest, citado por Silva (1981), na fibra detergente neutro/ácido. A lignina foi expressa em g/100g de matéria seca.

3.5 Polifenóis

Extraídos com metanol a 80%, em banho-maria a 80°C com refluxo, por 15 minutos. O sobrenadante foi recolhido, evaporado até quase a secura em banho-maria e transferido para balão volumétrico, completando-se o volume com água e filtrando-se posteriormente (Hangerman e Butler, 1980).

Para determinação dos polifenóis totais, utilizou-se a técnica descrita por Swain e Hillis (1959). Os reagentes de Folin-Denis e a solução saturada de carbonato de sódio foram preparados segundo a AOAC (1990). O método baseia-se na oxidação de hidroxilas fenólicas pelo reagente de Folin-Denis, em meio alcalino, com produção de composto de coloração azul que foi medido a 750nm. O ácido tânico foi utilizado como padrão. Os resultados foram expressos em miligramas de equivalentes ao ácido tânico por 100 gramas de matéria seca.

3.6 Peroxidase

Determinou-se a atividade da peroxidase de acordo com a técnica descrita por Ferhman e Diamond (1967), com algumas modificações. O extrato enzimático foi obtido pela homogeneização de 0,5 g de amostra em 15 mL de tampão fosfato 0,1 mol/L, pH 6,0, durante 3 minutos a 4°C. Um mililitro de extrato enzimático foi incubado com 0,4 mL de peróxido de hidrogênio a 3% e 2,0 mL de tampão citrato fosfato 0,1 mol/L, pH 5,0 e 4,0 mL de guaiacol 0,5% durante 15 minutos a 30°C.

Após serem retirados do banho-maria, os tubos foram colocados em banho de gelo. A leitura foi feita em espectrofotômetro a 470 nm. Uma unidade enzimática foi considerada como a quantidade de enzima que provocou o aumento de 0,001 unidade de absorbância por minuto de reação, nas condições de ensaio. A atividade da enzima peroxidase foi expressa em unidades/g de farinha/minuto (U/g de farinha).

3.7 Polifenoloxidase

A atividade da polifenoloxidase foi determinada de acordo com a técnica descrita por Ponting e Joslyn (1948), com algumas modificações. O extrato enzimático utilizado no doseamento foi o mesmo da peroxidase. Um mililitro de extrato foi incubado com 3 mL de L-DOPA (L-3,4 – Dihidroxi-fenol-Alanina) 0,005 mol/L (substrato), na presença de 1,0 mL de glicina 0,2 mol/L, durante uma hora, a 35°C.

Após serem retirados do banho-maria, os tubos foram colocados em banho de gelo. A leitura foi feita em espectrofotômetro a 420 nm. Uma unidade de atividade enzimática foi considerada como a quantidade de enzima que provocou o aumento de 0,001 unidade de absorbância por minuto de reação, nas condições do ensaio. A atividade enzimática da polifenoloxidase (PFO) foi expressa em unidade/g de farinha/minuto (U/g de farinha).

3.8 Digestibilidade protéica *in vitro*

Empregou-se a técnica descrita por Akesson e Stahmann (1964) para determinação da digestibilidade protéica *in vitro*. A farinha (com teor de nitrogênio conhecido) foi digerida com a pepsina e pancreatina, em seus pH ótimos. A reação foi interrompida pela adição de ácido tricloroacético. Após centrifugação, dosou-se o nitrogênio no sobrenadante. A caseína foi utilizada como controle. A digestibilidade encontrada para caseína foi tomada como

padrão e seu valor considerado como 100%. As digestibilidades das farinhas foram corrigidas em relação à caseína e os resultados expressos em percentagem em base seca.

3.9 Delineamento experimental e Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com duas repetições e os tratamentos foram constituídos pelas cem famílias obtidas do cruzamento das linhagens Amarelinho e CI 107.

O esquema de análise de variância foi:

Fonte de variação	G.L
Tratamentos	99
Resíduo	100
Total	199

Quando os efeitos de tratamentos foram significativos ($P < 0,005$) utilizou-se o Teste de Scott e Knott (5%) para comparação entre as médias das famílias ou tratamentos (Morais, 2000). As análises de variância e teste de médias foram realizados utilizando o pacote computacional SISVAR (Sistema de Análise de Variância).

Os agrupamentos de médias de tratamentos obtidos pelo Teste de Scott e Knott foram representados em gráficos, nos quais cada barra representa a média das famílias com uma dada letra.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Proteína bruta

Pela Tabela 1A (anexo), verifica-se que houve diferença significativa no teor médio de proteína bruta nas diferentes famílias.

Na Tabela 1 encontram-se os teores de proteína bruta das famílias estudadas. Observou-se que os teores variaram de 21,23 (família 15) a 33,66 g/100g de farinha em base seca (família 17).

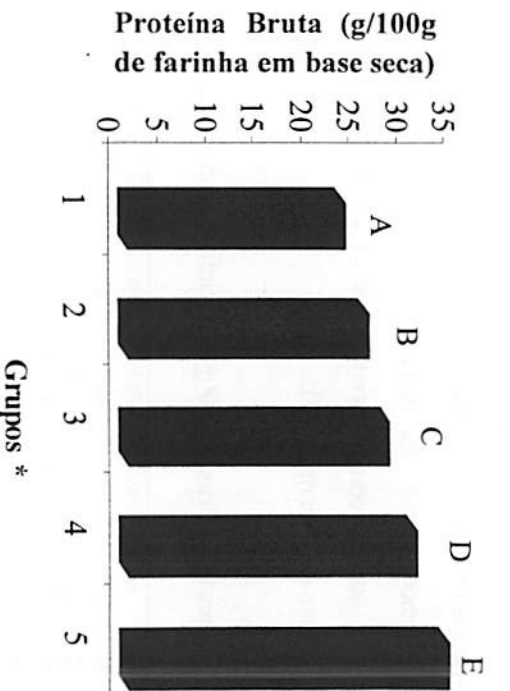
TABELA 1: Teores de proteína bruta (g/100g de farinha em base seca)

FAMÍLIA	PROT.	FAMÍLIA	PROT.	FAMÍLIA	PROT.	FAMÍLIA	PROT.	FAMÍLIA	PROT.
1	26,15 B	21	27,75 C	41	24,29 B	61	27,24 C	81	25,40 B
2	27,01 C	22	22,25 A	42	26,94 C	62	22,75 A	82	25,87 B
3	24,73 B	23	27,65 C	43	26,59 C	63	26,13 B	83	24,64 B
4	27,16 C	24	27,34 C	44	27,84 C	64	30,18 D	84	25,70 B
5	27,60 C	25	27,28 C	45	28,66 C	65	27,82 C	85	22,87 A
6	25,51 B	26	26,98 C	46	26,98 C	66	22,83 A	86	24,34 B
7	25,71 B	27	26,70 C	47	27,54 C	67	24,92 B	87	25,22 B
8	27,16 C	28	24,20 B	48	30,12 D	68	25,07 B	88	26,27 C
9	28,72 C	29	26,83 C	49	25,99 B	69	28,43 C	89	28,98 C
10	24,09 B	30	23,05 A	50	25,73 B	70	24,34 B	90	24,73 B
11	26,79 C	31	27,78 C	51	25,52 B	71	26,36 C	91	31,21 D
12	27,35 C	32	25,01 B	52	26,59 C	72	25,10 B	92	27,34 C
13	22,71 A	33	27,53 C	53	27,30 C	73	25,21 B	93	24,30 B
14	24,76 B	34	27,48 C	54	25,51 B	74	26,50 C	94	25,06 B
15	21,23 A	35	27,54 C	55	27,52 C	75	25,09 B	95	27,84 C
16	24,85 B	36	25,66 B	56	28,01 C	76	24,06 B	96	24,11 B
17	33,66 E	37	25,61 B	57	27,20 C	77	26,64 C	97	24,19 B
18	25,64 B	38	28,21 C	58	24,98 B	78	29,83 D	98	23,48 A
19	28,03 C	39	26,99 C	59	27,27 C	79	25,79 B	99	26,07 B
20	25,84 B	40	27,29 C	60	24,91 B	80	24,22 B	100	29,72 D

Médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si pelo Teste de Scott e Knott, a 5% de probabilidade.

As famílias agrupadas (Figura 1) apresentaram teores médios, em g/100g de farinha em base seca, de 22,65, 25,10, 27,39, 30,21 e 33,66,

respectivamente. Observou-se que 86% das famílias apresentaram teores médios de proteína bruta de 25,10 e 27,39 g/100g de farinha em base seca, correspondendo aos grupos 2 e 3, respectivamente.



*Famílias agrupadas pelo Teste de Scott e Knott.

Grupos: 1(8 famílias); 2(42 famílias); 3(44 famílias); 4(5famílias); 5(1 família).

FIGURA 1: Teores médios de proteína bruta (g/100g em base seca) de cem famílias de feijão obtidas do cruzamento das linhagens Amarelinho e CI 107.

Vários autores, entre eles Barrampama e Simard (1993) e Sgarbieri (1980), citam que o teor de proteínas em feijões varia entre 22 e 26 g/100g, o que está de acordo com os teores encontrados no presente trabalho. Já Moura (1998), estudando três cultivares de feijão (Carioca, CMG e Ha), encontrou teores de proteínas entre 21 e 22g/100g.

As famílias estudadas apresentaram teores superiores aos de Moura (1998) e foram semelhantes aos encontrados por Rios (2000) que, estudando três

cultivares (Carioca, CI 128 e ESAL 550), encontrou teores de proteína entre 25,89 e 28,21g/100g.

Esteves (2000), estudando as linhagens Amarelinho e CI 107 que deram origem às cem famílias estudadas no presente trabalho, encontrou teores de proteína bruta de 29 e 30 g/100g, respectivamente.

4.2 Lignina

Pela Tabela 1A (anexo), observa-se que houve diferença significativa entre as famílias estudadas para os teores médios de lignina.

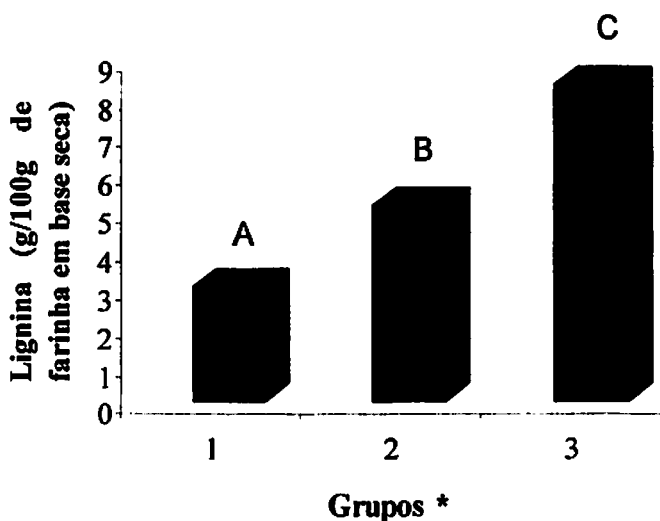
De acordo com a Tabela 2, os teores das famílias estudadas variaram de 1,43 (família 41) a 10,22 g/100g de farinha em base seca (família 23).

TABELA 2: Teores de lignina (g/100g de farinha em base seca)

FAMÍLIA	LIGNINA	FAMÍLIA	LIGNINA	FAMÍLIA	LIGNINA	FAMÍLIA	LIGNINA	FAMÍLIA	LIGNINA
1	2,41 A	21	4,63 B	41	1,43 A	61	6,31 B	81	1,85 A
2	2,84 A	22	2,71 A	42	2,99 A	62	5,89 B	82	3,44 A
3	2,27 A	23	10,22 C	43	2,98 A	63	4,85 B	83	1,96 A
4	6,84 C	24	1,70 A	44	2,43 A	64	3,10 A	84	2,40 A
5	4,54 B	25	4,30 B	45	2,38 A	65	3,48 A	85	2,79 A
6	3,90 A	26	5,42 B	46	3,13 A	66	4,39 B	86	3,73 A
7	3,99 A	27	3,45 A	47	2,35 A	67	3,66 A	87	5,32 B
8	3,99 A	28	7,61 C	48	3,04 A	68	5,45 B	88	2,76 A
9	5,51 B	29	3,16 A	49	2,52 A	69	4,37 B	89	3,28 A
10	4,55 B	30	4,17 A	50	2,29 A	70	3,45 A	90	3,75 A
11	2,74 A	31	2,61 A	51	2,07 A	71	4,06 A	91	2,59 A
12	6,13 B	32	2,38 A	52	2,39 A	72	3,17 A	92	4,78 B
13	2,83 A	33	4,75 B	53	2,79 A	73	1,94 A	93	5,43 B
14	2,85 A	34	3,97 A	54	2,11 A	74	4,25 B	94	3,61 A
15	3,57 A	35	6,02 B	55	1,95 A	75	3,88 A	95	3,39 A
16	5,12 B	36	2,92 A	56	2,57 A	76	1,88 A	96	3,72 A
17	3,24 A	37	3,95 A	57	1,96 A	77	3,13 A	97	4,72 B
18	4,17 A	38	2,60 A	58	2,38 A	78	5,59 B	98	2,00 A
19	2,63 A	39	3,33 A	59	2,17 A	79	4,50 B	99	3,10 A
20	5,52 B	40	2,39 A	60	8,43 C	80	2,71 A	100	3,74 A

Médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

As famílias agrupadas apresentaram teores médios, em g/100g de farinha em base seca, de 2,98, 5,10 e 8,28, respectivamente, sendo que, a grande maioria, 72% das famílias, apresentaram teores inferiores a 4,17 g/100g de farinha em base seca. Estas famílias correspondem ao Grupo 1 da Figura 2.



*Famílias agrupadas pelo teste Scott e Knott.

Grupos: 1(72 famílias); 2(24 famílias); 3(4 famílias)

FIGURA 2: Teores médios de lignina (g/100g em base seca) de cem famílias de feijão obtidas do cruzamento das linhagens Amarelinho e CI 107.

Esteves (2000) encontrou teores de lignina de 1,4 e 1,8 g/100g de farinha após a colheita, para as linhagens Amarelinho e CI 107, respectivamente. Os teores encontrados no presente trabalho foram, em geral, superiores aos encontrados por Esteves (2000). Isso pode ter sido causado por uma maior

atividade da peroxidase e teores mais elevados de polifenóis encontrados nestas famílias, que se polimerizam formando lignina.

Em estudos realizados por Champ, Brillouet e Rouau (1986), Srisuma et al. (1991) e Martin-Cabrejas et al. (1997) encontraram-se teores de lignina, em g/100g, de 1,2 a 1,7; 1,4 a 1,9 e 6,1 a 8,2, respectivamente, em feijões novos.

O endurecimento dos tecidos vegetais da bainha das vagens de muitas espécies de leguminosas, que acontece pouco depois da colheita, está relacionado com a biossíntese dos compostos da parede celular, entre eles, a lignina (Fennema, 1993). A lignificação das membranas celulares proporciona uma considerável resistência e rigidez e está relacionada aos teores de polifenóis. Martin-Cabrejas et al. (1997) demonstraram que o conteúdo de lignina em feijões armazenados era mais elevado que em feijões novos. Os teores variavam de 8,4 a 13,4g/100g em matéria seca para feijões armazenados que apresentaram o fenômeno hard-to-cook e de 6,1 a 8,2g/100g para feijões novos.

4.3 Polifenóis

Houve diferença significativa para os teores de polifenóis entre as famílias estudadas (Tabela 1A, anexo).

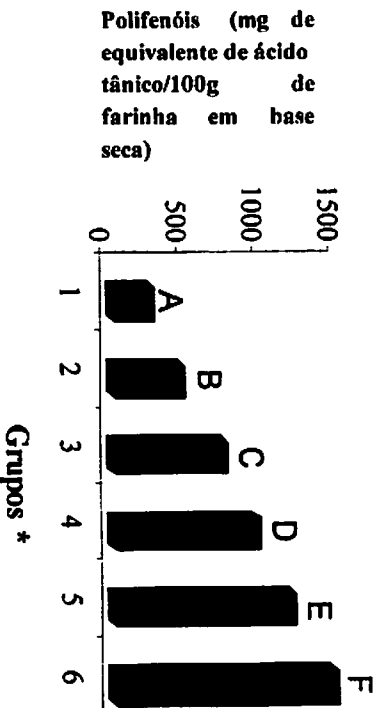
Na Tabela 3 apresentam-se os níveis de polifenóis nas famílias estudadas. Pode-se notar que os teores (mg de equivalentes de ácido tânico/100g de farinha em base seca) variaram entre 160,09 (família18) e 1531,83 (família 4).

TABELA 3: Teores de polifenóis (mg de equivalentes de ácido tânico/100g de farinha em base seca)

FAMÍLIA	FENÓLICOS	FAMÍLIA	FENÓLICOS	FAMÍLIA	FENÓLICOS	FAMÍLIA	FENÓLICOS	FAMÍLIA	FENÓLICOS
1	914,98 D	21	387,23 B	41	880,78 D	61	841,36 C	81	902,82 D
2	763,43 C	22	270,95 A	42	737,30 C	62	625,26 C	82	794,39 C
3	1361,77 F	23	281,78 A	43	733,72 C	63	419,84 B	83	1096,63 D
4	1531,83 F	24	510,89 B	44	535,95 B	64	883,63 D	84	750,92 C
5	734,77 C	25	221,96 A	45	976,90 D	65	254,67 A	85	767,80 C
6	696,60 C	26	487,62 B	46	768,12 C	66	667,39 C	86	469,98 B
7	707,09 C	27	252,75 A	47	744,79 C	67	643,35 C	87	863,58 C
8	883,20 D	28	344,98 A	48	494,52 B	68	616,26 C	88	300,29 A
9	742,16 C	29	1040,41 D	49	736,13 C	69	697,05 C	89	930,40 D
10	866,71 C	30	1220,38 E	50	956,42 D	70	165,35 A	90	675,54 C
11	689,66 C	31	1133,01 E	51	794,79 C	71	160,24 A	91	751,69 C
12	723,91 C	32	1177,20 E	52	456,09 B	72	625,86 C	92	880,19 D
13	825,47 C	33	1038,97 D	53	944,65 D	73	924,85 D	93	185,16 A
14	684,12 C	34	1004,28 D	54	511,94 B	74	570,88 B	94	466,12 B
15	800,99 C	35	717,73 C	55	694,69 C	75	283,04 A	95	374,88 B
16	638,58 C	36	761,70 C	56	582,88 B	76	788,99 C	96	374,95 B
17	291,90 A	37	271,32 A	57	456,56 B	77	891,69 D	97	979,07 D
18	160,09 A	38	342,30 A	58	290,49 A	78	850,15 C	98	696,17 C
19	309,14 A	39	168,06 A	59	402,88 B	79	916,98 D	99	345,76 A
20	387,99 B	40	673,29 C	60	880,40 D	80	915,57 D	100	385,32 B

Médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

As famílias agrupadas (Figura 3) apresentaram teores médios em mg de equivalentes de ácido tânico/100g de farinha em base seca, de 257,91, 459,81, 733,99, 942,14, 1.176,86 e 1.446,80, respectivamente. Das famílias, 63% (Grupos 3, 4, 5 e 6) apresentaram teores de polifenóis, mg de equivalentes de ácido tânico/100g de farinha em base seca, acima de 616,26. Os teores destas famílias ainda são elevados e podem ser melhorados geneticamente.



*Famílias agrupadas pelo Teste Scott e Knott.

Grupos: 1(19 famílias); 2(18 famílias); 3(38 famílias); 4(20 famílias); 5(3 famílias); 6(2 famílias).

FIGURA 3: Teores de polifenóis (mg de equivalente de ácido tânico/100g de farinha em base seca) em cem famílias de feijão obtidas do cruzamento das linhagens Amarelinho e CI 107.

Os teores de polifenóis mencionados neste trabalho estão de acordo com os encontrados por Rios (2000), que foram entre 410 e 450 mg de equivalente de ácido tânico/100g de tecido em base seca para as cultivares Carioca, CI 128 e ESAL 550, logo após a colheita e por Esteves (2000), que encontrou teores médios de 830,71 e 600,00 mg de equivalentes de ácido tânico/100g de farinha em base seca para as linhagens Amarelinho e CI 107, respectivamente. Das famílias estudadas, 37% apresentaram teores de polifenóis (mg de equivalentes de ácido tânico/100g de farinha em base seca) abaixo de 600, 38% apresentaram teores entre 616 a 866 e 25% apresentaram teores entre 880 e 1.531.

Os polifenóis podem ser responsáveis pelo endurecimento dos feijões, por meio de dois mecanismos: por sua polimerização na casca ou pela lignificação dos cotilédones, ambos afetando a capacidade de hidratação das

sementes. O primeiro dificulta a penetração da água e o segundo limita a capacidade de embebição (Moura, 1998). Quanto maior o teor de polifenóis, mais escurecimento pode ocorrer no grão durante o armazenamento, o que diminui a sua qualidade em relação à aparência.

4.4 Peroxidase

Pela Tabela 1A (anexo), observa-se que a atividade desta enzima apresentou diferenças significativas entre as famílias estudadas.

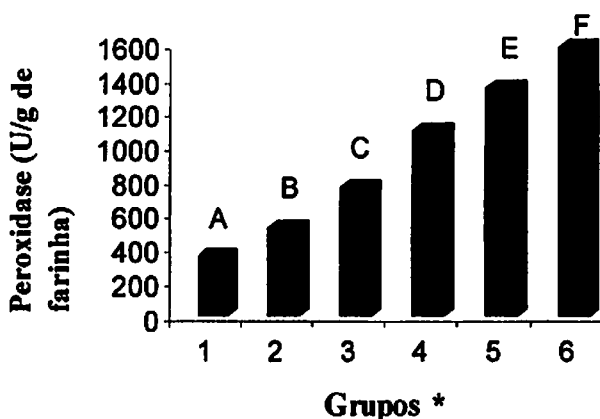
Na Tabela 4 são apresentadas a atividade da peroxidase das cem famílias de feijão. Pode-se verificar que a atividade desta enzima encontra-se entre os valores de 308,69 (família 90) e 1.749,29 U/g de farinha (família 83).

TABELA 4: Atividade da peroxidase - PER – (U/g de farinha)

FAMÍLIA	PER	FAMÍLIA	PER	FAMÍLIA	PER	FAMÍLIA	PER	FAMÍLIA	PER
1	336,67 A	21	513,13 B	41	1120,31 D	61	1265,26 E	81	1114,10 D
2	347,28 A	22	1384,60 E	42	1080,10 D	62	1092,53 D	82	1273,44 E
3	538,18 B	23	1510,00 F	43	818,23 C	63	1433,54 E	83	1749,29 F
4	905,00 C	24	1065,55 D	44	1423,49 E	64	811,21 C	84	1504,24 F
5	1019,65 D	25	309,70 A	45	683,64 C	65	1629,40 F	85	1244,85 D
6	960,56 D	26	326,47 A	46	502,88 B	66	1495,46 F	86	1323,74 E
7	736,16 C	27	686,27 C	47	504,75 B	67	1047,43 D	87	1274,25 E
8	717,68 C	28	562,48 B	48	1314,14 E	68	1355,05 E	88	1386,77 E
9	1142,38 D	29	1124,75 D	49	465,36 B	69	1301,87 E	89	547,38 B
10	1307,48 E	30	661,87 C	50	480,10 B	70	833,14 C	90	308,69 A
11	1018,49 D	31	520,56 B	51	327,68 A	71	1286,72 E	91	531,32 B
12	1644,15 F	32	471,92 B	52	1114,60 D	72	711,93 C	92	1513,28 F
13	490,91 B	33	667,88 C	53	1498,03 F	73	840,16 C	93	1368,54 E
14	571,72 B	34	345,35 A	54	1333,96 E	74	876,47 C	94	828,44 C
15	663,13 C	35	331,11 A	55	1102,98 D	75	943,26 D	95	736,42 C
16	664,04 C	36	368,99 A	56	1150,25 D	76	1158,29 D	96	527,78 B
17	1279,80 E	37	399,10 A	57	1130,00 D	77	1387,98 E	97	741,57 C
18	574,20 B	38	489,90 B	58	1074,40 D	78	1329,95 E	98	772,68 C
19	458,69 B	39	314,65 A	59	1682,53 F	79	950,81 D	99	941,52 D
20	426,22 A	40	1402,22 E	60	1209,80 D	80	530,51 B	100	1196,01 D

Médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Quando agrupadas pelo Teste Scott e Knott, as famílias apresentaram atividade da peroxidase, em U/g de farinha, de 345,16, 515,66, 755,57, 1.087,07, 1.338,57 e 1.580,71, respectivamente. Observou-se que 70% das famílias apresentaram atividade da peroxidase acima de 661,87 U/g de farinha, correspondendo às famílias dos grupos 3, 4, 5 e 6 da Figura 4.



*Famílias agrupadas pelo Teste Scott e Knott.

Grupos: 1(12 famílias); 2(18 famílias); 3(19 famílias); 4(23 famílias); 5(19 famílias); 6(9 famílias).

FIGURA 4: Atividade média da peroxidase - PER - (U/g de farinha) em cem famílias de feijão obtidas do cruzamento das linhagens Amarelinho e CI 107.

Os teores da atividade média da peroxidase de algumas famílias deste trabalho estão próximos dos encontrados por Esteves (2000), que obteve valores entre 431,74 e 634,54 U/g de farinha e Rios (2000) que encontrou atividade média de 680,20 U/g de farinha, na colheita, para feijões colhidos em época normal.

Moura (1998) obteve, após o armazenamento, atividade média de peroxidase entre 440,774 e 2.122,715 U/g de farinha.

Esta enzima é importante sob o ponto de vista nutricional, de coloração e de flavor. Sua atividade está associada ao aparecimento de sabores estranhos em alimentos termicamente processados de maneira inadequada, sem que ocorra inativação da mesma (Araújo, 1999).

A maior parte das famílias estudadas apresentou atividade elevada desta enzima se compararmos com os resultados de Esteves (2000) e Rios (2000), indicando que esta enzima pode diminuir a qualidade do grão, por ter um papel principal no escurecimento do tegumento.

4.5 Polifenoloxidase

A atividade enzimática da polifenoloxidase apresentou diferenças significativas para as cem famílias estudadas (Tabela 2A - anexo).

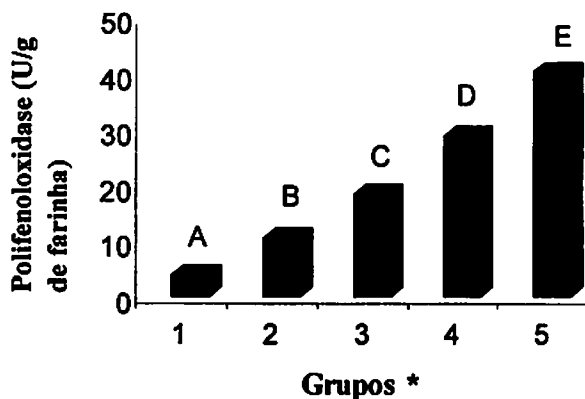
De acordo a Tabela 5, as atividades da polifenoloxidase das famílias estudadas encontram-se entre 0,680 U/g de farinha (família 76) e 42,85 U/g de farinha (família 18) e duas famílias não apresentaram nenhuma atividade da mesma (famílias 37 e 48).

TABELA 5: Atividade da polifenoloxidase - PFO – (U/g de farinha)

FAMÍLIA	PFO	FAMÍLIA	PFO	FAMÍLIA	PFO	FAMÍLIA	PFO	FAMÍLIA	PFO
1	8,07 B	21	1,88 A	41	7,43 B	61	2,66 A	81	1,26 A
2	7,97 B	22	16,74 C	42	12,79 B	62	7,84 B	82	6,06 A
3	26,39 D	23	9,63 B	43	15,97 C	63	4,97 A	83	2,54 A
4	28,88 D	24	8,49 B	44	7,49 B	64	22,28 C	84	12,43 B
5	8,60 B	25	6,47 A	45	5,66 A	65	9,37 B	85	15,53 C
6	20,32 C	26	10,05 B	46	3,55 A	66	4,78 A	86	6,16 A
7	1,65 A	27	16,19 C	47	4,54 A	67	11,82 B	87	6,02 A
8	30,09 D	28	10,00 B	48	0,00 A*	68	30,31 D	88	9,95 B
9	10,72 B	29	14,64 B	49	5,99 A	69	0,99 A	89	16,82 C
10	14,09 B	30	18,36 C	50	20,13 C	70	17,05 C	90	29,35 D
11	9,25 B	31	2,53 A	51	15,38 C	71	7,20 B	91	12,23 B
12	5,78 A	32	9,04 B	52	18,24 C	72	7,12 B	92	21,39 C
13	2,27 A	33	2,98 A	53	17,78 C	73	3,49 A	93	21,94 C
14	19,42 C	34	11,42 B	54	8,28 B	74	6,22 A	94	16,32 C
15	20,11 C	35	5,48 A	55	3,14 A	75	13,99 B	95	14,27 B
16	2,15 A	36	11,18 B	56	3,17 A	76	0,68 A	96	9,72 B
17	5,96 A	37	0,00 A*	57	21,42 C	77	4,47 A	97	19,85 C
18	42,85 E	38	15,46 C	58	20,85 C	78	17,88 C	98	37,28 E
19	12,76 B	39	10,94 B	59	17,75 C	79	39,02 E	99	42,15 E
20	2,13 A	40	6,70 A	60	1,75 C	80	16,19 C	100	27,38 D

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

*A atividade da polifenoloxidase não foi detectada pela técnica utilizada neste trabalho, por isso foi considerada zero.



*Famílias agrupadas pelo Teste Scott e Knott.

Grupos: 1(34 famílias); 2(31 famílias); 3(25 famílias); 4(6 famílias); 5(4 famílias)

FIGURA 5: Atividade média da polifenoloxidase - PFO - (U/g de farinha) em cem famílias de feijão obtidas do cruzamento das linhagens de Amarelinho e CI 107.

Esteves (2000) encontrou, para as linhagens Amarelinho e CI 107, atividades médias de 63,38 e 78,01 U/g de farinha, respectivamente, valores acima dos encontrados neste trabalho.

Os valores obtidos neste trabalho aproximam-se dos encontrados por Rios (2000), nos quais a atividade da polifenoloxidase apresentou níveis médios de 43,58, 31,73 e 23,87 U/g de farinha para os feijões Carioca, ESAL 550 e CI 128, respectivamente.

A oxidação de compostos fenólicos a ortoquinonas pela ação de uma ou múltiplas enzimas leva ao escurecimento enzimático. A polifenoloxidase pode catalisar a hidroxilação de monofenóis a ortodihidroxifenóis e a oxidação destes a ortoquinonas, ambas envolvendo compostos fenólicos e oxigênio molecular (Almeida, 1991).

De acordo com Whitehead e Swardt (1982), a oxidação enzimática pela peroxidase e polifenoloxidase resulta, reconhecidamente, no escurecimento de tecidos vegetais. Sabe-se que no escurecimento dos grãos a principal enzima responsável é a peroxidase, sendo que a polifenoloxidase exerce um papel secundário.

4.6 Digestibilidade protéica *in vitro*

Na Tabela 6 são apresentadas a digestibilidade protéica *in vitro* das cem famílias estudadas. Pode-se verificar que os teores encontrados variaram de 42,95% (família 100) e 73,00% (família 8). A Tabela 2A (anexo) demonstra que a digestibilidade protéica *in vitro* apresentou diferenças significativas entre as famílias estudadas.

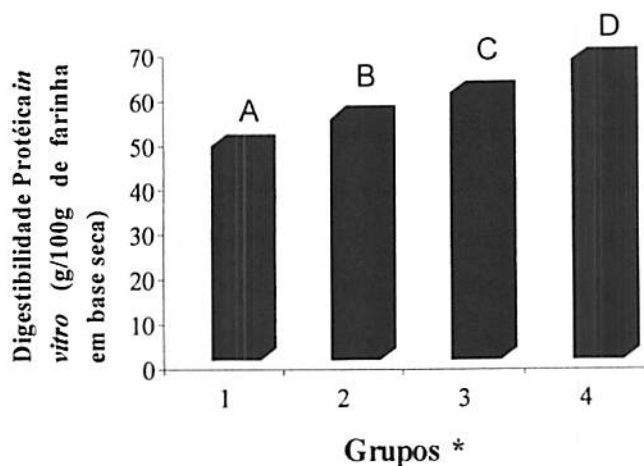
TABELA 6: Digestibilidade protéica *in vitro* (%)*

FAMÍLIA	DIGEST.	FAMÍLIA	DIGEST.	FAMÍLIA	DIGEST.	FAMÍLIA	DIGEST.	FAMÍLIA	DIGEST.
1	68,90 D	21	59,50 C	41	59,90 C	61	58,90 C	81	50,65 A
2	61,25 C	22	64,50 D	42	53,00 B	62	64,20 D	82	51,40 B
3	67,80 D	23	56,90 C	43	56,70 C	63	59,95 C	83	48,10 A
4	67,75 D	24	56,25 B	44	54,50 B	64	61,70 C	84	46,20 A
5	71,30 D	25	56,00 B	45	54,45 B	65	63,65 D	85	44,50 A
6	62,25 C	26	57,95 C	46	48,50 A	66	55,60 B	86	44,70 A
7	68,10 D	27	58,40 C	47	62,85 C	67	45,75 A	87	46,15 A
8	73,00 D	28	63,65 D	48	49,15 A	68	49,95 A	88	47,85 A
9	62,00 C	29	60,30 C	49	58,30 C	69	52,35 B	89	46,60 A
10	67,95 D	30	56,95 C	50	65,45 D	70	55,65 B	90	48,00 A
11	54,85 B	31	54,95 B	51	47,60 A	71	54,20 B	91	58,60 C
12	55,35 B	32	59,75 C	52	49,25 A	72	53,90 B	92	62,15 C
13	48,90 A	33	51,95 B	53	50,05 A	73	49,45 A	93	55,25 B
14	54,35 B	34	53,90 B	54	47,65 A	74	49,95 A	94	52,60 B
15	49,20 A	35	59,10 C	55	50,25 A	75	51,65 B	95	53,20 B
16	51,60 B	36	46,85 A	56	54,05 B	76	58,55 C	96	47,10 A
17	63,10 C	37	57,95 C	57	54,35 B	77	61,05 C	97	47,50 A
18	51,50 B	38	45,85 A	58	52,80 B	78	60,45 C	98	46,45 A
19	54,70 B	39	55,05 B	59	45,70 A	79	63,90 D	99	50,65 A
20	53,05 B	40	48,55 A	60	54,85 B	80	58,70 C	100	42,95 A

Médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

*Valores corrigidos para caseína considerada 100% digerível.

A Figura 6 demonstra que as famílias agrupadas apresentaram teores médios de digestibilidade protéica *in vitro*, em %, de 47,73, 53,91, 59,74 e 66,86. Percebe-se que 69% das famílias apresentaram a digestibilidade protéica *in vitro* acima de 51,40%, correspondendo aos grupos 2, 3 e 4, respectivamente.



*Famílias agrupadas pelo Teste Scott e Knott.

Grupos: 1(31 famílias); 2(30 famílias); 3(26 famílias); 4(13 famílias)

FIGURA 6: Teores médios de digestibilidade (%) em cem famílias de feijão obtidas do cruzamento das linhagens Amarelinho e CI 107.

Os dados apresentados neste trabalho aproximam-se dos de Esteves (2000) que encontrou 64,38% (Amarelinho) e 49,88% (CI 107) e estão de acordo com Sgarbieri, Antunes e Almeida (1979), que encontraram valores situados entre 40% e 70%, avaliando a digestibilidade tanto *in vitro* como em animais.

Bressani, Hernandez e Braham (1988) concluíram que uma elevada concentração de compostos fenólicos, como ácido tânico ou catequina, em feijão, é altamente associada ao aumento do nitrogênio fecal e, assim, à redução da digestibilidade protéica em seres humanos. Os mesmos autores sugerem dois mecanismos que podem explicar o efeito de polifenóis na redução da digestibilidade protéica: reação entre proteínas e fenóis durante o processamento de feijão e/ou entre fenóis e enzimas do trato digestivo. Ainda demonstraram,

em seus trabalhos, que a influência da concentração de taninos na digestibilidade da proteína e qualidade do feijão se expressa pela correlação negativa entre a digestibilidade *in vitro* e teor de taninos presentes no produto.

Não se sabe com certeza se a baixa digestibilidade é causada por uma descarga muito rápida do intestino ou por resistência das proteínas do feijão à hidrólise das enzimas gastrointestinais. Sugere-se que a baixa solubilidade de algumas frações protéicas reduz sua suscetibilidade ao ataque enzimático. Numerosos estudos confirmam o fato de que o clássico inibidor de proteases é termolábil, de modo que não poderia ser responsável pela baixa digestibilidade das proteínas do feijão cozido (Gómez-Brenes, Nuñez e Bressani, 1983).

Fukuda, Elias e Bressani (1982) determinaram a digestibilidade de sete cultivares de feijão, sendo três de cor preta, duas roxas e duas brancas. Os valores encontrados para a digestibilidade aparente variaram de 47,2% a 61,9% no feijão cru e de 65,6% a 76,6% para o feijão submetido à cocção. Observaram certa tendência indicando que a proteína do feijão branco é mais digerível que a do feijão preto e roxo. Acrescentaram ainda que o feijão cozido tem um valor nutricional baixo, como consequência de fatores antinutricionais remanescentes, que estariam afetando a digestibilidade da proteína e sua deficiência natural de aminoácidos sulfurados. Sugeriram, também, que a digestibilidade aparente pode estar relacionada à estrutura da proteína, visto que os fatores antinutricionais são termolábeis e, portanto, são destruídos ou inativados parcial ou totalmente com a cocção.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisando todas as variáveis estudadas, verificou-se que a Família 37, que possui grãos tipo carioca, poderia ser escolhida para desenvolvimento de melhoramentos futuros, uma vez que ela apresentou resultados satisfatórios em todas as análises. Comparando-se esses resultados (Tabela 7) com as linhagens que lhe deram origem, observou-se que a Família 37 apresentou teores mais baixos de polifenóis e proteína, baixa atividade da peroxidase e polifenoloxidase e teores mais elevados de lignina. A digestibilidade protéica *in vitro* ficou com valor intermediário entre as duas linhagens.

TABELA 7: Comparação da Família 37 com as linhagens que lhe deram origem – Amarelinho e CI 107.

Amostra	Proteína bruta g/100g em b.s	Lignina g/100g em b.s	Polifenóis mg eq.ác.tânico/100g	PER U/g farinha	PFO	Digestibilidade %
Família 37	25,61	3,95	271,32	368,99	0,00	57,95
Amarelinho	29	1,4	830,71	550,00	63,38	64,38
CI 107	30	1,8	600,00	450,00	78,01	49,88

Na avaliação total, verificou-se também que as Famílias 17, 21, 47 e 49 apresentaram resultados satisfatórios em cinco das seis variáveis estudadas.

Com resultados satisfatórios em quatro das seis variáveis encontram-se as Famílias 2, 3, 18, 19, 20, 25, 26, 27, 31, 32, 35, 38, 39, 46, 48, 49, 50, 56, 63, 65, 76, 77, 86, 91, 96, perfazendo 25% do total de famílias estudadas. As Famílias 5, 9, 68 e 97 apresentaram resultado satisfatório apenas para proteína

bruta. Como todas as demais famílias apresentaram teores de proteína dentro da faixa encontrada para feijões, estas foram consideradas as de piores desempenho.

6 CONCLUSÃO

Pelos resultados obtidos e nas condições experimentais utilizadas no presente trabalho, de forma geral, concluiu-se que:

- das famílias estudadas, 96% apresentaram teores de proteína bruta abaixo das linhagens que lhes deram origem, porém dentro da faixa encontrada em feijões;
- a maior parte das famílias estudadas apresentou baixos teores de lignina e baixa atividade de polifenoxidase;
- mais de 50% das famílias estudadas apresentaram elevados teores de polifenóis e alta atividade de peroxidase;
- as cem famílias estudadas apresentaram digestibilidade dentro da faixa encontrada para feijões, que é de 40% a 70%;
- os resultados sugerem que a maior parte das famílias, se armazenadas, poderão ter sua qualidade afetada devido aos elevados teores de polifenóis e peroxidase.

Como este trabalho teve como objetivo fornecer subsídios aos melhoristas, analisando cada família concluiu-se que:

- a Família 37 foi a que apresentou os melhores resultados em todas as variáveis;
- as Famílias 5,9,68 e 97 foram as que apresentaram os piores resultados, tendo obtido desempenho satisfatório apenas para proteína bruta.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRIDATA-Sistema de Informação de Agronegócios de Minas Gerais- Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento [on line], 2000. Disponível: <http://www.agridata.mg.gov.br>.
- AKESSON, W. R.; STAHMANN, M. A. A pepsin pancreatin digest index of protein quality evaluation. *Journal of Nutrition*, Bethesda, v.83, p.257-261, 1964.
- ALMEIDA, M. E. M. Estudo de interações entre o emprego de compostos químicos com o tratamento térmico no controle da atividade da polifenoloxidase em frutos e hortaliças Piracicaba: ESALQ, 1991. 112p. (Dissertação – Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos).
- 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.
- ARAÚJO, J. M. A. Química de alimentos: teoria e prática. Viçosa, MG: UFV, 1999. 335p.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS- A.O.A.C. Official methods of analysis. 15. ed. Washington, 1990. 684p.
- AW, T. L.; SWANSON, B.G. Influence of tannins on *Phaseolus vulgaris* protein digestibility and quality, *Journal of Food Science*, Chicago, v.50, p.67 -71, Jan/Feb. 1985.
- BADIALE, E. Variação de metionina em feijões (*Phaseolus vulgaris* L.) armazenados. Campinas: UNESP, 1979. 99p. (Dissertação – Mestrado em Ciências dos Alimentos).
- 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, p.15-67, 1993.

- BRESSANI, R.; HERNANDEZ, E.; BRAHAM, E. Relationship between content and intake of bean polyphenolics and protein digestibility in humans. **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v.38, p.5-21, 1988.
- BRESSANI, R. Grain quality of common beans. **Food Reviews International**, New York, v.9, p.237-97, 1993.
- BRESSANI, R. Research needs to up-grade the nutritional quality of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Qualitas Plantarum Plant Foods for Human Nutrition**, Netherlands, v.32, p.101-110, 1983.
- CARPENTER, K. J. The nutritional of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in perspectives. **Food Technology**, Chicago, v.35, n.3, p.77, Mar. 1981.
- CHAMP, M.; BRILLOUET, J. M.; ROUAU, X. Nonstarchy polysaccharides *Phaseolus vulgaris*, *Lens esculenta*, and *Cicer arietinum* Seeds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, D.C., v.34, n.2, p.326-329, Mar./Apr. 1986.
- CHERYAN, M. Phytic acid interactions in food systems. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v.13, p.297-335, 1980.
- DESHPANDE, S. S.; CHERYAN, M.; SALUNKHE, D. K. Tannin analyses of food products. **CRC Critical Reviews in Food Science Nutrition**, Boca Raton, v.24, p.401-449, 1986.
- 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.
- ESTEVEZ, A.M. **Comparação química e enzimática de seis linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Lavras: UFLA, 2000. 55p. (Dissertação-Mestrado em Ciência dos Alimentos).
- ELIAS, L.G.; BRESSANI, R.; FLORES, M. Problems and potentials in storage and processing of legumes in Latin América. In: **SEMINAR ON POTENTIALS OF FIELD BEANS AND OTHER FOOD LEGUMES IN LATIN AMERICA**, 1973, Cali. **Proceedings...** Cali: Centro Internacional de Agricultura tropical, 1973. p.52-87.

- EVANS, R.J.; BAUER, D.H. Studies of the poor utilization by the rat of methionine and cystine in heated dry bean seed (*Phaseolus vulgaris*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, D.C., v.26, p.779-84, 1978.
- FENNEMA, O. R. **Química de los alimentos**. 2.ed. Zaragoza: Acribia, 1993. 1095p.
- FERHMAN, H.; DIAMOND, A.E. Peroxidase activity and phytophthora resistance in different organs of the potato plant. **Phytopathology**, Lancaster, v.57, n.1, p.69-72, 1967.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - FAO. **Prevención de perdidas alimentos pos-cosecha: manual de capacitación**. Roma: ONU/FAO, 1993. 130p.
- FOX, P. F. (ed.). **Food enzymology**. London: Elsevier Applied Science, 1991. v.2, 378 p.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Estudo Nacional de Defesa Familiar - ENDEF. Dados preliminares. Consumo alimentar - Despesas das Famílias**. Rio de Janeiro, 1978. Tabelas selecionadas.
- FUKUDA, G.; ELIAS, L. G.; BRESSANI, R. Significado de algunos factores antifisiologicos y nutricionales en la evaluation biologica de diferentes cultivares de frijol comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Archivos Latinoamericanos de Nutrition**, Guatemala, v.32, n.4, p.945-960, 1982.
- GAZZOLA, J. **Avaliação de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) cozidos através dos coeficientes de eficácia protéica e valor protéico relativo**. Lavras: ESAL, 1992. 61p. (Dissertação - Mestrado em Ciência dos Alimentos).
- GOMEZ-BRENES, R.A.; NUÑES, E. I.; BRESSANI, R. Comportamiento biologico de fracciones proteinicas aisladas del frijol comum (*Phaseolus vulgaris*). **Archivos Latinoamericanos de Nutrition**, Guatemala, v.33, p.79-90, 1983.

- HAGERMAN, A. E.; BUTLER, L. G. Condensed tannin purification and characterization of tannin-associated proteins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.28, n.4, p.947-952, Jul./Ago.1980.
- HARBONE, J. B. General procedures and measurement of total phenolics. In: DEY, P. M.; HARBONE, J. B. **Methods in plant biochemistry**. San Diego: Academic, 1989. v.1, p.2-3.
- HASLAM, E. Vegetable tannins. **Recent Advances Phytochemistry**, New York, v.12, p.475-523, 1979.
- HINCKS, M. J.; STANLEY, D.W. Lignification: evidence for a role in hard-to-cook beans. **Journal of Food Biochemistry**, Westport, v.11, n.1, p.41-58, Mar. 1987
- IADEROZA, M.; SALES, A. M.; BALDINI, V. L. S.; SARTORI, M. R. E.; FERREIRA, V. L. P. Polyphenol oxidase activity and alterations on colour and levels of condensed tannins during storage of new bean (*Phaseolus*) cultivars. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.19, n.2, p.154-164, Jul/Dez. 1989.
- KAPLAN, L. Archeology and domestication in American *Phaseolus* (beans). **Economy Botany**, New York, v.19, n.4, p.358-368, Oct/Dec. 1965.
- LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I.; MENEZES, E. W. Qualidade nutricional. In: ARAÚJO, R. S.; AGUSTÍN RAVA, C.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. de O. (coords). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p.71-99.
- LOPES, C. T. Digestibilidade "in situ" de bagaço de cana, palha de arroz, de feijão e capim Cameroon tratados termicamente. Lavras: ESAL, 1990. 33p. (Dissertação – Mestrado em Nutrição de Ruminantes).
- LUH, B. S.; PHITHAKPOL, B. Characteristics of polyphenoloxidase related to browning in cling peaches. **Journal of Food Science**, Chicago, v.37. n.1, p.264-268, Jan/Fev. 1972.
- MARTIN-CABREJAS, M. A.; ESTEBAN, R. M.; PEREZ, P.; MAINA, G.; WADRON, K. W. Changes in physicochemical properties of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) during long-term storage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.45, n.8, p.3223-3227, Aug. 1997.

- MIRANDA, C. S. Origem do *Phaseolus vulgaris* L. *Agronomia Tropical*, Maracay, v.18, n.2, p.191-205, 1968.
- MODESTO, Z.M.M.; SIQUEIRA, N.J.B. *Botânica: currículo de estudos de biologia*. São Paulo: EPU, v. 5, Sc 2, 1981.
- MORAIS, A. R. *Estatística experimental – uma introdução aos delineamentos e análise de experimentos*. Lavras: UFLA, 2000. p.130
- 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*. Lavras: UFLA, 1998. 70p. (Dissertação - Mestrado em Ciência dos Alimentos).
- POTING, J.D.; JOSLYN, M.A. Ascorbic acid and browning in apple tissue extracts. *Archives of Biochemistry*, New York, v.19, p.47-63, 1948.
- RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; ZIMMERMANN, M. J. de O. *Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro*. Goiânia: UFG, 1993. 271p.
- REDDY, N. R.; PIERSON, M.D. Dry beans tannins a reviews of nutritional implications. *Journal of the American Oil Chemists'Society*, Champaing, v.62, p.541- 549, Mar. 1985.
- RIBÉREAU-GAYON, P. *Plant Phenolics*. Edinbrigh: T&A Constable Ltda.,1972. 247p.
- RIOS, A. de O. *Avaliação da época de colheita e do armazenamento no escurecimento e digestibilidade de três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)*. Lavras: UFLA, 2000. 59p. (Dissertação – Mestrado em Ciência dos Alimentos).
- ROBINSON, D. S.; ESKIN, N. A. M. *Oxidative enzymes in foods*. New York: Elsevier Applied Science, 1991. 314p.
- SARTORI, M. R. Armazenamento. In: ARAÚJO, R. S.; AGUSTÍN RAVA, C.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. de O. (coods). *Cultura do feijoeiro comum no Brasil*. Piracicaba: Potafos, 1996. p.543-562.
- SCALBERT, A. Antimicrobial properties of tannins. *Phytochemistry*, Elmsford, v.30, n.12, p.3875-3883, Dec. 1991.

- 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. Estudo do conteúdo e de algumas características das proteínas e sementes de plantas leguminosas. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.32, n.1, p.78-84, Jan/Fev. 1980.
- SILVA, D. J. da. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. Viçosa: UFV, 1981. 176p.
- SOARES, A. G. Consumo e qualidade nutritiva. 1996, Goiânia **Anais RENAFAE**, 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, v.1, p.495-497.
- SRISUMA, N.; RUENGSAKULRACH, S.; UEBERSAX, M. A.; BENNINK, M. R.; HAMMERCHMIDT, R. Cell wall polysaccharides of navy beans (*Phaseolus vulgaris*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, D.C., v.39, n.5, p.855-858, Mar. 1991.
- SWAIN, T.; HILLIS, W.E. The phenolic constituents of *Prunus domestica* L.: The quantitative analysis of phenolic constituents. **Journal of Science of Food and Agriculture**, London, v.10, n.1, p.63-68, Jan. 1959.
- 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)**, v. 43, p.140, 2000.
- VILHORDO, B. W.; MIKUSINSKI, O. M. F.; BURIN, M. E.; GANDOLFI, V. H. Morfologia. In: ARAÚJO, R. S.; AGUSTÍN RAVA, C.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. de O. (coods). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996, p.71-99.
- WHITEHEAD, C. S.; SWARDT, G. H. Extration and activy of poliphenoloxidase and peroxidase from senescing leaves of *Protea nerifolia*, **South African Journal of Botany**, Pretória, v.1, p.127-130, 1982.

YOKOYAMA, L.P.; BANNO, K.; KLUTHCOUSKI, J. Aspectos Socioeconômicos da Cultura. In: ARAÚJO, R. S.; AGUSTÍN RAVA, C.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. de O. (coords). Cultura do feijoeiro comum no Brasil. Piracicaba: Potafos, 1996. p.1-20.

ANEXOS

ANEXO A	PÁGINA
TABELA 1 Resumo das análises de variância do teor de proteína bruta, lignina, polifenóis e atividade da polifenoloxidase (PFO) das cem famílias de feijões, obtidas pelo cruzamento de Amarelinho e CI 107	48
TABELA 2 Resumo das análises de variância da atividade da peroxidase (PER) e da digestibilidade protéica <i>in vitro</i> das cem famílias de feijões, obtidas pelo cruzamento de Amarelinho e CI 107	48

TABELA 01 - Resumo das análises de variância do teor de proteínas, lignina, polifenóis e peroxidase (PER) das cem famílias de feijões, obtidas do cruzamento de Amarelinho e CI 107

Causas da variação	Quadrados médios				
	GL	Proteínas	Lignina	Polifenóis	PER
Família	99	7.83025**	4.53522**	162692.63**	31812.356**
Resíduo	100	0.71447	1.93591	15672.90	13849.101
CV(%)		3.22017	38.17412	18.87261	12.73049

** Significativo a 5% de probabilidade, pelo Teste de Scott-Knott

TABELA 02 - Resumo das análises de variância da polifenoloxidase (PFO) e da digestibilidade protéica *in vitro* das cem famílias de feijões, obtidas do cruzamento de Amarelinho e CI 107

Causas da variação	Quadrados médios		
	GL	PFO	Digestibilidade <i>in vitro</i>
Linhasgens	99	177.65451**	89.93435**
Resíduo	100	10.87117	12.92755
CV(%)		26.67861	6.51457

** Significativo a 5% de probabilidade, pelo Teste de Scott-Knott

2002-3-02-2000