

Milene Marquezi

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E AVALIAÇÃO DAS
PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DO FEIJÃO COMUM
(*Phaseolus vulgaris* L.)**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos do Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, para a obtenção do grau de Mestre em Ciência dos Alimentos.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Edna Regina Amante

Florianópolis
2013

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Marquezi, Milene

Características físico-químicas e avaliação das propriedades tecnológicas do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) / Milene Marquezi ; orientadora, Edna Regina Amante - Florianópolis, SC, 2013.
115 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos.

Inclui referências

1. Ciência dos Alimentos. 2. Tecnologia de alimentos. 3. Feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). 4. Propriedades tecnológicas. I. Amante, Edna Regina. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos. III. Título.

Milene Marquezi

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E AVALIAÇÃO DAS
PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DO FEIJÃO COMUM
(*Phaseolus vulgaris* L.)**

Esta Dissertação foi julgada adequada para a obtenção do Título de “Mestre em Ciência dos Alimentos” e aprovado em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos do Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 22 de Fevereiro de 2013.

Prof.^a, Dr.^a Roseane Fett
Coordenadora do Programa

Banca Examinadora:

Prof.^a, Dr.^a Edna Regina Amante,
Orientadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^a, Dr.^a Ana Carolina de Oliveira Costa,
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^a, Dr.^a Renata Dias de Mello Castanho Amboni,
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^a, Dr.^a Priscila Zaczuk Bassinello,
Embrapa Arroz e Feijão/Santo Antônio de Goiás, GO

Ao meu marido Cesar Augusto, e aos
meus pais, Amauri e Cristina, por
todo apoio, estímulo e carinho!

AGRADECIMENTOS

À orientadora, Prof.^a Dr.^a Edna Regina Amante, por todo o ensinamento, carinho, dedicação, palavras de estímulo e por ser um exemplo de profissional na qual quero me espelhar. Obrigada! A senhora é muito especial!

À Universidade Federal de Santa Catarina e ao Programa de Pós Graduação em Ciência dos Alimentos, pela oportunidade de realização deste trabalho.

Aos colegas do Laboratório de Tecnologia de Frutas e Hortaliças, pela ajuda, ensinamentos, conversas na hora do café, e parceria durante esses dois anos.

À Vanessa Maria Gervin e ao Lucas Bertoldi Watanabe, que além de estagiários e ajudantes, se tornaram grandes amigos que conquistei no mestrado.

A todos os professores do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos (CAL/UFSC), em especial às professoras Dr.^a Ana Carolina de Oliveira Costa, Dr.^a Renata Dias de Mello Castanho Amboni e Dr.^a Priscila Zaczuk Bassinello (Embrapa Arroz e Feijão), pela participação na banca de avaliação, contribuindo com suas sugestões.

Aos demais colegas dos laboratórios vizinhos e funcionários do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho.

À CIDASC, por ter cedido o laboratório para realização de uma análise, e à Letícia Teixeira, por ter me auxiliado.

À Dr.^a Priscila Zaczuk Bassinello, ao Dr. Leonardo Cunha Melo e ao Sr. José Luis Diaz Cabrera, da Embrapa Arroz e Feijão, por terem fornecido as amostras de feijão que foram estudadas neste trabalho.

Ao meu marido, Cesar Augusto Laus de Souza, pelo amor, carinho, incentivo e pelas palavras de conforto quando eu ficava desanimada. Te amo!

Aos meus pais, Amauri e Cristina, a minha irmã Bianca e ao meu cunhado Nelson, por acreditarem em mim e sempre me darem apoio.

Ao CNPQ, pela bolsa durante o curso.

Muito obrigada a todos vocês!

RESUMO

MARQUEZI, Milene. **Características Físico-Químicas e Avaliação das Propriedades Tecnológicas do Feijão Comum (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC.

O feijão é consumido de forma tradicional em todo o mundo. Embora seja uma leguminosa rica em proteínas, minerais, vitaminas e carboidratos, a sua aplicação como matéria prima agroindustrial para novos produtos ainda é insignificante. O presente trabalho estudou seis cultivares procedentes de dois locais de cultivo, quanto à composição nutricional, características tecnológicas, microscópicas e propriedades de pasta da farinha e dos amidos dos feijões: BRS Embaixador e BRS Pitanga (grupo comercial Vermelho), BRS Estilo e Pérola (grupo comercial Carioca) e BRS Campeiro e BRS Esplendor (grupo comercial Preto), procedentes de Ponta Grossa e de Santo Antônio de Goiás. As farinhas dos feijões apresentaram de 37,60 a 50,66 % de carboidratos, de 17,72 a 25,13 % de proteínas, de <0,50 a 4,84 % de fibras solúveis, de 11,41 a 20,75 % de fibras insolúveis, de 3,44 a 4,44 % de cinzas e de 0,97 a 1,66 % de lipídeos, com expressivas variações entre cultivares e entre locais de cultivo. A avaliação para os compostos antinutricionais resultou em valores de ácido fítico de 7,17 a 10,41 mg/g, taninos condensados de 10,39 a 45,52 mg de catequina/g, inibidores de α -amilase de 60,79 a 231,06 UIA/g e inibidores de tripsina de 327,04 a 1247,67 UIT/g. O peso de 100 grãos variou entre 19,99 e 53,20 g, o pH de 6,31 a 6,49, a capacidade de retenção de água de 123,36 a 226,71 % e, a capacidade de retenção de óleo de 84,72 a 98,24 %. Diferentes capacidades de formação e estabilidade de espuma foram verificadas entre as cultivares com efeitos do pH 2,5, 5,6 e 8,0, bem como a capacidade de formação e estabilidade de emulsão, estabelecendo importantes diferenças entre as cultivares estudadas. O teor de amido oscilou entre 38,21 e 43,78 %. A forma dos grânulos é predominantemente elipsóide e esférica. Os amidos foram extraídos e estudados quanto ao teor de amilose (40,94 a 51,11 %) e propriedades de pasta. Os resultados do perfil viscoamilográfico tanto do amido isolado quanto das farinhas revelam a possibilidade de seleção de cultivares para fins específicos segundo estas características. Portanto, a completa caracterização destas matérias primas revelou importantes

diferenças a serem consideradas na seleção de diferentes cultivares de feijões para fins industriais no desenvolvimento de novos produtos e a serem consideradas na seleção destas matérias primas.

Palavras chave: Feijões. Propriedades físico-químicas. Propriedades tecnológicas. Fatores antinutricionais. Viscosidade. Amido. Microscopia.

ABSTRACT

MARQUEZI, Milene. **Physicochemical characteristics and evaluation of technical property of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 2013. Dissertation (Master's in Food Science) – Graduate Program in Food Science, Federal University of Santa Catarina, Florianópolis, SC.

Common bean is consumed at traditional form worldwide. Although been a leguminous rich in proteins, minerals, vitamins and carbohydrates, its application as agro-industrial raw material to new products is insignificant. Seeking to know the mean beans produced in Brazil, this work studied six cultivars from two growing regions about its nutritional composition, technical, microscopic and paste characteristics of beans and starches of the beans: BRS Embaixador and BRS Pitanga (commercial group red), BRS Estilo, and Pérola (commercial group “Carioca”), and BRS Campeiro and BRS Esplendor (commercial group black), from Ponta Grossa (PR) and from Santo Antônio de Goiás (GO). Beans flours presented 37.60 – 50.66 % of carbohydrates, 17.72 - 25.13 % of proteins, <0.50 - 4.84 % of soluble fibers, 11.41 – 20.75 % of insoluble fibers, 3.44 to 4.44 % of minerals, and 0.97 to 1.66 % of lipids, with high variations between cultivars and growing regions. The evaluation for nutritional compounds resulted in values of phytic acid of 7.17 to 10.41 mg/g, total tannins of 10.39 to 45.52 mg de catequina/g, α -amylase inhibitors of 60.79 to 231.06 UIA/g, and trypsin inhibitors 327.04 to 1247.67 UIT/g. The weight of 100 grains varied between 19.99 and 53.20 g, the pH from 6.31 to 6.49, and the water retention capacity from 123.36 to 226.71 %, and oil retention capacity from 84.72 to 98.24 %. Different capacity of formation and stability of foam were verified between cultivars with effects of the pH 2.5, 5.6 and 8.0, as well as the formation and emulsion stability, establishing important differences between studied cultivars. Starch content was varied between 38.21 and 43.78 %. Starches were extracted and studied about the amylose content (40.94 – 51.11) and paste properties. Results of the starches and flours viscoamylograph profile' show the possibility of a selection of cultivars to specific applications according these characteristics. The shape of the granules was predominantly spherical and ellipsoid. Therefore, the complete characterization of these beans revealed important differences to consider in the selection of different cultivars of beans for industrial

purposes in the development of new products and be considered in the selection of these raw materials.

Keywords: Beans. Physicochemical properties. Technical properties. Anti-nutritional factors. Viscosity. Starch. Microscopy.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Figura 1	Estrutura química do ácido fítico	29
Figura 2	Representação esquemática do grânulo de amido	35
Figura 3	Cadeias de amilose (A) e amilopectina (B)	36
Figura 4	Micrografia eletrônica de varredura do amido de feijão (1000x)	37
Figura 5	Curva de viscosidade típica do RVA (Rápido Viscoanalisador) mostrando os parâmetros comumente avaliados	38

CAPÍTULO 2 - CARACTERÍSTICAS NUTRICIONAIS E ANTINUTRICIONAIS DE DIFERENTES CULTIVARES DE FEIJÃO COMUM

Figura 1	Cultivares de feijão (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) cedidas pela Embrapa	48
----------	---	----

CAPÍTULO 3 – PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DE DIFERENTES CULTIVARES DE FEIJÃO COMUM

Figura 1	Formação de espuma nos pHs 2,5; 5,6 e 8,0 para as diferentes cultivares de feijão provenientes de Ponta Grossa – PR e de Santo Antônio de Goiás - GO	73
Figura 2	Estabilidade da espuma nos pHs 2,5; 5,6 e 8,0 para as diferentes cultivares de feijão provenientes de Ponta Grossa – PR e Santo Antônio de Goiás – GO	74

CAPÍTULO 4 – PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DO AMIDO E DA FARINHA DE DIFERENTES CULTIVARES DE FEIJÃO COMUM

Figura 1	Perfil de temperatura utilizado para a determinação das propriedades de pasta da farinha e do amido	
----------	---	--

	isolado de feijão de diferentes cultivares provenientes de Ponta Grossa – PR e Santo Antônio de Goiás – GO	86
Figura 2	Micrografia eletrônica de varredura dos grânulos de amido nativo de feijão das cultivares BRS Embaixador (A e B), BRS Pitanga (C e D), BRS Estilo (E e F) e Pérola (G e H), provenientes da cidade de Ponta Grossa (esquerda) e Santo Antônio de Goiás (direita) (700 x)	93
Figura 3	Micrografia eletrônica de varredura dos grânulos de amido nativo de feijão das cultivares Pérola (G e H), BRS Campeiro (I e J) e BRS Esplendor (K e L), provenientes da cidade de Ponta Grossa (esquerda) e Santo Antônio de Goiás (direita) (700 x)	94
Figura 4	Micrografia eletrônica de varredura das farinhas de feijão das cultivares BRS Embaixador (A e B), BRS Pitanga (C e D) e BRS Estilo (E e F), provenientes das cidades de Ponta Grossa (esquerda) e Santo Antônio de Goiás (direita) (700 x)	96
Figura 5	Micrografia eletrônica de varredura das farinhas de feijão das cultivares Pérola (G e H), BRS Campeiro (I e J) e BRS Esplendor (K e L), provenientes das cidades de Ponta Grossa (esquerda) e Santo Antônio de Goiás (direita) (700 x)	97
Figura 6	Viscoamilograma das farinhas de feijão provenientes de Ponta Grossa - PR	99
Figura 7	Viscoamilograma das farinhas provenientes de Santo Antônio de Goiás - GO	99
Figura 8	Viscoamilograma dos amidos isolados das cultivares provenientes de Ponta Grossa – PR	102
Figura 9	Viscoamilogramas dos amidos isolados das cultivares provenientes de Santo Antônio de Goiás – GO	102

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Tabela 1	Composição centesimal média (g/100 g) em base seca do feijão cru	26
----------	--	----

CAPÍTULO 2 – CARACTERÍSTICAS NUTRICIONAIS E ANTINUTRICIONAIS DE DIFERENTES CULTIVARES DE FEIJÃO COMUM

Tabela 1	Composição nutricional média (g/100 g) em base seca das cultivares de feijão provenientes de Ponta Grossa – PR e Santo Antônio de Goiás – GO	54
Tabela 2	Conteúdo de ácido fítico, taninos, inibidor da α -amilase e inibidor de tripsina nas diferentes cultivares de feijão provenientes de Ponta Grossa – PR e Santo Antônio de Goiás – GO	57

CAPÍTULO 3 – PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DE DIFERENTES CULTIVARES DE FEIJÃO COMUM

Tabela 1	Peso de 100 grãos, pH, capacidade de absorção de água (CAA) e capacidade de retenção de óleo (CRO) das diferentes cultivares de feijão provenientes de Ponta Grossa – PR e Santo Antônio de Goiás – GO	71
Tabela 2	Valores da capacidade emulsificante e estabilidade de emulsão de diferentes cultivares de feijão provenientes de Ponta Grossa – PR e Santo Antônio de Goiás – GO	76
Tabela 3	Valores de L*, a* e b* de diferentes cultivares de feijão provenientes de Ponta Grossa – PR e Santo Antônio de Goiás – GO	77

CAPÍTULO 4 – PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DO AMIDO E DA FARINHA DE DIFERENTES CULTIVARES DE FEIJÃO COMUM

Tabela 1	Amido, proteína e umidade da farinha de feijões de diferentes cultivares, provenientes de Ponta Grossa –	
----------	--	--

	PR e Santo Antônio de Goiás – GO	87
Tabela 2	Conteúdo de amilose nos amidos isolados de feijão de diferentes cultivares, provenientes de Ponta Grossa – PR e Santo Antônio de Goiás – GO	89
Tabela 3	Densidade absoluta (g.cm^{-3}) dos grânulos de amido das diferentes cultivares de feijão, provenientes de Ponta Grossa – PR e Santo Antônio de Goiás – GO	90
Tabela 4	Diâmetro médio dos grânulos de amido de diferentes cultivares de feijão provenientes de Ponta Grossa – PR e Santo Antônio de Goiás – GO	92
Tabela 5	Propriedades viscoamilográficas da farinha de feijão de diferentes cultivares, obtidas através de amilogramas construídos no RVA	100
Tabela 6	Propriedades viscoamilográficas do amido isolado das cultivares de feijão, obtidas através de amilogramas construídos no RVA	104

LISTA DE ABREVIACÕES

AACC	<i>American Association for Cereal Chemistry</i>
AOAC	<i>Association of Official Analytical Chemists</i>
ANOVA	Análise de Variância
CAA	Capacidade de Absorção de Água
CNPAF	Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
CANAFE	Congresso Nacional de Pesquisa de Feijão
CRO	Capacidade de Retenção de Óleo
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO	<i>Food and Agriculture Organization</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
PG	Ponta Grossa
RENAFE	Reunião Nacional de Pesquisa de Feijão
RVA	Rápido Visco Analisador
SAG	Santo Antônio de Goiás
TACO	Tabela Brasileira de Composição de Alimentos
UIT	Unidade Inibitória de Tripsina
UIA	Unidade Inibitória de α -Amilase
UV	Ultravioleta
VIS	Visível

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	23
-------------------	-----------

CAPÍTULO 1 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1	O feijão	25
1.2	Aspectos nutricionais do feijão	26
1.3	Fatores antinutricionais do feijão	28
1.3.1	Ácido fítico	28
1.3.2	Inibidores de proteases	29
1.3.3	Inibidores da α-amilase	30
1.3.4	Taninos	30
1.4	Propriedades nutricionais e tecnológicas do feijão	31
1.5	Derivados do feijão	34
1.6	Amido	35
REFERÊNCIAS		39

CAPÍTULO 2 – CARACTERÍSTICAS NUTRICIONAIS E ANTINUTRICIONAIS DE DIFERENTES CULTIVARES DE FEIJÃO COMUM

2.1	INTRODUÇÃO	47
2.2	MATERIAL E MÉTODOS	48
2.2.1	Material	48
2.2.1.1	Informações gerais sobre local de plantio	49
2.2.2	Métodos	49
2.2.2.1	Obtenção da farinha de feijão	49
2.2.2.2	Composição nutricional	49
2.2.2.3	Teor dos antinutricionais	50
2.2.2.3.1	Ácido fítico	50
2.2.2.3.2	Taninos	50
2.2.2.3.3	Inibidor de tripsina	51
2.2.2.3.4	Inibidor da α -amilase	52
2.2.3	Estatística	53
2.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	53

2.3.1	Composição nutricional	53
2.3.2	Fatores antinutricionais	56
2.4	CONCLUSÃO	59
	REFERÊNCIAS	60

CAPÍTULO 3 – PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DE DIFERENTES CULTIVARES DE FEIJÃO COMUM

3.1	INTRODUÇÃO	65
3.2	MATERIAL E MÉTODOS	65
3.2.1	Material	66
3.2.2	Métodos	66
3.2.2.1	Obtenção da farinha de feijão	66
3.2.2.2	Peso de 100 grãos	66
3.2.2.3	pH	67
3.2.2.4	Capacidade de retenção de óleo da farinha	67
3.2.2.5	Capacidade de absorção de água da farinha	67
3.2.2.6	Propriedades espumantes	67
3.2.2.7	Propriedades emulsificantes	68
3.2.2.8	Coloração dos grãos	68
3.2.3	Estatística	69
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	69
3.3.1	Peso de 100 grãos, pH, capacidade de absorção de água e capacidade de retenção de óleo da farinha	69
3.3.2	Formação e estabilidade da espuma	72
3.3.3	Formação e estabilidade da emulsão	75
3.3.4	Coloração do tegumento	77
3.4	CONCLUSÃO	78
	REFERÊNCIAS	79

CAPÍTULO 4 – PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DO AMIDO E DA FARINHA DE DIFERENTES CULTIVARES DE FEIJÃO COMUM

4.1	INTRODUÇÃO	83
-----	------------	----

4.2	MATERIAL E MÉTODOS	83
4.2.1	Material	84
4.2.2	Métodos	84
4.2.2.1	Obtenção da farinha de feijão	84
4.2.2.2	Extração do amido do feijão	84
4.2.2.3	Teor de amido, proteína e umidade das farinhas de feijão	85
4.2.2.4	Amilose	85
4.2.2.5	Densidade absoluta	85
4.2.2.6	Forma e tamanho dos grânulos	85
4.2.2.7	Propriedades de pasta do amido e da farinha de feijão	86
4.2.3	Estatística	86
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	87
4.3.1	Teor de amido, proteína e umidade das farinhas de feijão	87
4.3.2	Teor de amilose dos amidos isolados de feijão	88
4.3.3	Densidade absoluta dos grânulos de amido de feijão	90
4.3.4	Forma e tamanho dos grânulos dos amidos isolados de feijão	91
4.3.5	Microscopia eletrônica de varredura das farinhas de feijão	95
4.3.6	Propriedades de pasta da farinha de feijão	98
4.3.7	Propriedades de pasta do amido isolado de feijão	101
4.4	CONCLUSÃO	106
	REFERÊNCIAS	106
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	104
	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	115

INTRODUÇÃO

Pertencente à família Fabaceae, o feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) apresenta elevado conteúdo proteico, carboidratos complexos, fibra alimentar, minerais e vitaminas do complexo B (LAJOLO; GENOVESE; MENEZES, 1996).

O feijão é consumido mundialmente, sendo que o continente americano corresponde a 43,2 % do consumo (EMBRAPA, 2010). É um produto tradicional na alimentação da população brasileira, principalmente para as classes de baixa renda (RIOS; ABREU; CORRÊA, 2003).

Por serem ricas em lisina, as proteínas do feijão complementam as proteínas dos cereais, como arroz ou milho, que são deficientes neste aminoácido (FERREIRA; DEL PELOSO; FARIA, 2002). No Brasil, historicamente, a principal fonte proteica da alimentação é derivada da ingestão de arroz e feijão. Esta mistura supre os aminoácidos essenciais e tem digestibilidade ao redor de 80 % (PIRES et al., 2006).

Segundo dados do IBGE (2011), o consumo *per capita* domiciliar do arroz e feijão diminuiu, sendo mais consumido na zona rural do que na zona urbana. As possíveis causas desta queda no consumo estão relacionadas com a substituição por fontes de proteína de origem animal, em consequência do êxodo rural e das mudanças de hábitos alimentares devido ao advento do *fast food*, com as fortes flutuações de oferta e preços e a demanda de tempo para o preparo do produto.

No entanto, por mais que tenha sido observada uma queda no consumo do arroz e feijão, eles continuam presentes no prato dos brasileiros, pois, apesar das mudanças, não existem similares preparados na forma de lanches rápidos ou de bebidas nutritivas.

A busca por alternativas mais adequadas às exigências do consumidor faz com que novos produtos com feijão sejam elaborados, agregando valor ao grão processado, oferecendo assim, maior praticidade de consumo e produtos semiprontos aos consumidores.

Apesar da existência de estudos sobre o emprego de feijões em pães, massas e em outros produtos, são escassos os trabalhos relacionando as diferentes aplicações tradicionais ou mesmo os novos produtos com as características da matéria prima. Isto seria fundamental para o desenvolvimento de novos produtos, colocando o feijão na posição de destaque proporcional à sua importante composição nutricional.

O estabelecimento de um plano de controle de qualidade requer indicadores quanto às características das matérias primas, elegendo as mais indicadas, para diferentes produtos. Considerando os fatos relatados, a proposta deste trabalho é investigar as propriedades nutricionais e antinutricionais de diferentes cultivares de feijão para os grupos preto, carioca e vermelho, e relacioná-las com o potencial tecnológico, visando colher informações para a indicação da matéria prima para o desenvolvimento de novos produtos.

O presente trabalho está apresentado em capítulos, sendo o primeiro referente à revisão bibliográfica, o segundo à avaliação das características nutricionais e antinutricionais dos feijões, o terceiro à avaliação das propriedades tecnológicas dos feijões e o quarto, por fim, apresentando resultados das propriedades de pasta dos amidos isolados dos feijões.

CAPÍTULO 1 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 O feijão

Membro da família Fabaceae, que compreende as leguminosas, o feijão está entre os alimentos mais antigos, remontando aos primeiros registros da história da humanidade. Era cultivado no antigo Egito e na Grécia, sendo também cultuado como símbolo da vida (LAJOLO; GENOVESE; MENEZES, 1996; EMBRAPA, 2010).

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) teve origem no Novo Mundo, tendo sido levado ao Velho Mundo após o descobrimento da América (LAJOLO; GENOVESE; MENEZES, 1996). Segundo Gepts e Debouck (1991), observações feitas em sítios arqueológicos, primeiramente no Peru, e posteriormente no sudeste dos Estados Unidos, comprovaram que o feijão comum teve origem nas Américas.

Estima-se que o gênero *Phaseolus* compreende aproximadamente cinquenta e cinco espécies, das quais apenas cinco são cultivadas comercialmente: o feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.); o feijão de lima (*P. lunatus*); o feijão Ayocote (*P. coccineus*); o feijão tepari (*P. acutifolius*); e o *P. polyanthus* (EMBRAPA, 2010).

Phaseolus vulgaris L. é a espécie mais cultivada entre as demais do gênero, contribuindo com cerca de 95 % da produção mundial de *Phaseolus* (LAJOLO; GENOVESE; MENEZES, 1996). Segundo dados da FAO (2010), os cinco principais países produtores são Índia, Brasil, Myanmar, Estados Unidos e China, que juntos representam mais de 65 % da produção mundial. O Brasil é o segundo maior produtor mundial de feijão com uma produção 2011/2012 estimada em 2,93 milhões de toneladas, segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2012).

O consumo médio de feijão no Brasil, segundo dados do IBGE (2011), é de 182,9 g/hab/dia. A grande variedade de cores, tamanhos e formas das sementes são características que influenciam a preferência por determinada variedade (CARNEIRO et al., 2005).

O feijão preto é mais popular no Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, Rio de Janeiro, sudeste de Minas Gerais e sul do Espírito Santo, não tendo quase nenhum valor comercial ou aceitação no restante do país. Já o feijão tipo carioca é aceito em praticamente todo o território nacional (EMBRAPA, 2010).

O feijoeiro comum é cultivado nos mais variados tipos de solos e climas, em três safras anuais. A primeira safra é cultivada principalmente nas regiões Sul e Sudeste e na Bahia, cuja colheita está concentrada nos meses de dezembro a março. A colheita da segunda safra ocorre entre os meses de abril e julho, nos Estados de Goiás, Rio Grande do Sul, Paraná, Sanat Catarina, Minas Gerais, Mato Grsso do Sul, Mato Grosso e Rondônia. A terceira está concentrada nos Estados de Minas Gerais, São Paulo, Goiás/Distrito Federal e oeste da Bahia, sendo ofertada no mercado entre julho e outubro. Embora estes períodos possam apresentar variações de ano para ano, pode-se identificar que há colheita praticamente o ano todo, e que existe sobreposição de épocas em algumas regiões (FERREIRA; DEL PELOSO; FARIA, 2002; EMBRAPA, 2010).

1.2 Aspectos nutricionais do feijão

O feijão representa uma fonte de diversos nutrientes, devido seu alto conteúdo proteico, além do elevado teor de lisina, fibra alimentar, carboidratos complexos, presença de vitaminas do complexo B e minerais, sendo utilizado como alternativa em substituição a carnes e outros alimentos proteicos (LAJOLO; GENOVESE; MENEZES, 1996; RIOS; ABREU; CORRÊA, 2003).

A composição centesimal média do feijão cru é incluída na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO, 2006) e é apresentada na Tabela 1.1. No entanto, pode variar de acordo com o local de plantio, fatores ambientais e com a cultivar.

Tabela 1 - Composição centesimal média (g/100 g) em base seca do feijão cru.

Componentes	Feijão Carioca	Feijão Preto	Feijão Rajado	Feijão Roxo
Carboidratos	61,2	58,8	62,9	60,0
Proteínas	20,0	21,3	17,3	22,2
Umidade	14,0	14,9	15,0	12,6
Cinzas	3,5	3,8	3,7	4,0
Lipídeos	1,3	1,2	1,2	1,2

Fonte: TACO (2006).

O feijão é uma fonte relativamente boa de vitaminas hidrossolúveis, como tiamina, riboflavina, niacina e folamina, mas apresenta um conteúdo pouco expressivo de vitamina A. Em relação aos minerais, o feijão é rico em potássio (cerca de 1 %), fósforo (cerca de 0,04 %), ferro (cerca de 0,007 %), cálcio, cobre, zinco e magnésio, mas é pobre em sódio (SATHE et al., 1984 apud LAJOLO; GENOVESE; MENEZES, 1996). Apesar disso, precisa ser considerado que a biodisponibilidade de minerais é menor em vegetais do que em alimentos de origem animal. Os fatores que podem influenciar essa baixa biodisponibilidade são a digestibilidade do alimento, a forma química do mineral, a presença de quelantes e as condições do processamento, podendo, dessa forma, alterar a quantidade, a forma química ou a associação do mineral com outros componentes presentes (SATHE et al., 1984 apud LAJOLO; GENOVESE; MENEZES, 1996).

A quantidade de proteínas do feijão varia entre 200 e 350 g/Kg dependendo da cultivar, porém, o valor nutricional dessas proteínas não é satisfatório, já que não possui todos os aminoácidos essenciais em quantidades significativas – cisteína e metionina (JOURDAN; NOREÑA; BRANDELLI, 2007). A associação do feijão ao arroz traz adequados teores de proteínas, supre os aminoácidos essenciais e torna o valor biológico da proteína da dieta próximo ao das proteínas de origem animal (PIRES et al., 2006).

Ao contrário dos grãos de cereais, o feijão praticamente não contém prolaminas e apresenta um teor relativamente baixo de glutelina (SGARBIERI, 1996). No entanto, as principais frações solúveis (globulinas e albuminas) representam em média 75 % do total de proteínas do feijão. A proporção entre essas duas frações pode variar de acordo com a cultivar (LAJOLO; GENOVESE; MENEZES, 1996). Durigan, Sgarbieri e Bulisani (1987) avaliaram o conteúdo de globulinas e albuminas em 12 cultivares brasileiras de feijão. Os pesquisadores observaram uma variação de 33,4 a 52,9 % e de 9,2 a 20,1 % dos conteúdos de globulinas e albuminas, respectivamente. A principal fração globulínica, a faseolamina (fração 7S), representa 40 a 50 % do nitrogênio total do grão, enquanto outras frações de globulina (fração 11S) representam apenas 10 % (MONTROYA et al., 2010). A faseolamina, é a maior proteína de armazenamento do feijão. É uma proteína oligomérica composta de três subunidades polipeptídicas – α , β e γ – com massa molecular entre 43 a 53 kDa (YIN et al., 2008).

A baixa digestibilidade das proteínas do feijão está relacionada à presença dos inibidores de proteases. Embora estes pareçam ser geralmente inativados durante o tratamento térmico, há relatos de

atividade residual após o processamento deste grão (PEREIRA; COSTA, 2002).

Batista, Prudêncio e Fernandes (2010) avaliaram a digestibilidade *in vitro* de proteínas de farinha de feijão extrusada. Os valores da digestibilidade de proteínas da farinha extrusada foram significativamente mais elevados do que os da farinha não extrusada. O tratamento térmico durante o processo de extrusão causa uma inativação parcial dos inibidores de tripsina, melhorando a digestibilidade das proteínas. Além disso, a desnaturação das proteínas pelo processo de extrusão é capaz de expor sítios que são susceptíveis à hidrólise enzimática (RUIZ-RUIZ et al., 2008).

1.3 Fatores antinutricionais do feijão

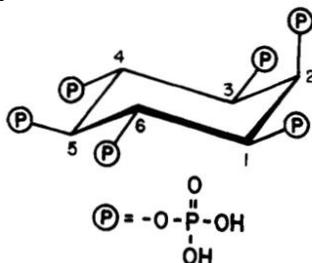
O termo “fator antinutricional” tem sido usado para descrever compostos ou classes de compostos presentes em uma extensa variedade de alimentos de origem vegetal, que quando consumidos, reduzem o valor nutritivo (BENEVIDES et al., 2011).

A qualidade nutricional das proteínas vegetais não é apenas determinada pela quantidade e biodisponibilidade de seus aminoácidos, mas também pelo valor nutritivo, que é limitado por fatores antinutricionais. No caso do feijão, os fatores antinutricionais – fitatos, inibidores de protease, lectina, e polifenóis (taninos) - reduzem a atividade de algumas enzimas, a ação biológica de diversos compostos químicos e a absorção de metabólitos (BATISTA; PRUDÊNCIO; FERNANDES, 2010). Com a retirada da casca, acredita-se haver um aumento da digestibilidade das proteínas do feijão pela eliminação de alguns fatores antinutricionais, como os taninos (PEREIRA; COSTA, 2002).

1.3.1 Ácido fítico

O ácido fítico (Figura 1) e seus sais constituem a principal forma de armazenamento de fósforo em sementes de cereais e leguminosas e sua ação antinutricional está baseada na capacidade de formar complexos insolúveis com minerais, proteínas, diminuindo a biodisponibilidade destes, além de inibir enzimas proteolíticas e amilolíticas (SILVA; SILVA, 1999; DOMÍNGUEZ; GÓMEZ; LÉON, 2002).

Figura 1 - Estrutura química do ácido fítico.



Fonte: Graf, Empson e Eaton (1987).

Na maioria das sementes de leguminosas, o fósforo fítico constitui aproximadamente 80 % do fósforo total (DOMÍNGUEZ; GÓMEZ; LÉON, 2002). Lolas e Markakis (1975) estudaram 50 cultivares de feijão em relação ao teor de ácido fítico. O ácido fítico, ou seus sais, representaram 54 a 82 % do conteúdo total de fósforo do feijão, e seu conteúdo variou de 0,54 a 1,58 % nas cultivares avaliadas.

Em pH baixo, o ácido fítico precipita Fe^{3+} ; em pH intermediário e alto, ele forma complexos insolúveis com vários cátions divalentes, reduzindo a biodisponibilidade de vários minerais. Em pH 7,4, o ácido fítico forma complexos com Cu^{2+} , Zn^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{3+} , Ca^{2+} , seguindo, preferencialmente, a respectiva ordem (SILVA; SILVA, 1999).

Ramírez-Cárdenas, Leonel e Costa (2008) avaliaram o efeito do processamento doméstico sobre os fatores antinutricionais em cinco cultivares de feijão. Em todas as cultivares, houve redução no teor de fitatos, principalmente naquelas que foram cozidas sem a água de maceração. A maceração dos grãos contribuiu para a redução no conteúdo de fitatos, podendo ser explicada pela lixiviação dos íons fitatos na água sob a influência de um gradiente de concentração.

1.3.2 Inibidores de proteases

O feijão apresenta inibidores de proteases digestivas humanas, tripsina e quimotripsina. Estes inibidores ocorrem em proporções significativas no feijão e contêm grande quantidade de aminoácidos sulfurados quando comparados com outras proteínas do grão (SATHE, 2002). Existem dois tipos de inibidores de proteases: o tipo Kunitz e o tipo Bowman-Birk. Os inibidores de protease tipo Kunitz são termoestáveis, enquanto os do tipo Bowman-Birk são estáveis sob

condições de processamento normal. Dessa forma, as proteínas dos grãos de feijão tratadas pelo calor são, em geral, mais digeríveis do que os isolados proteicos naturais (DAMODARAN, 2010).

A presença de inibidores de proteases é um dos fatores envolvidos na baixa biodisponibilidade de proteínas do feijão (LAJOLO; GENOVESE; MENEZES, 1996). Jourdan, Noreña e Brandelli (2007) avaliaram o impacto de diferentes tratamentos térmicos na inativação dos inibidores de tripsina para diferentes cultivares. Os feijões foram cozidos em água a 90 °C por 15, 30 e 40 minutos. Após 15 minutos, a atividade do inibidor de tripsina reduziu drasticamente entre 5 a 20 % para as cultivares estudadas, e após 40 minutos houve completa inativação. O estudo mostrou que a inativação dos inibidores de tripsina ocorre nos primeiros minutos do tratamento térmico.

1.3.3 Inibidores da α -amilase

As α -amilases são enzimas largamente distribuídas na natureza, produzidas por animais, vegetais e microrganismos. Elas são endocarbohidrases que hidrolisam ligações α -1,4, existentes na amilose e na amilopectina de forma aleatória, na porção central das moléculas (KOBLOITZ, 2008).

Os inibidores da α -amilase são glicoproteínas que inibem a ação catalítica dessas enzimas, sendo capazes de retardar a ação das amilases de larvas de insetos, exercendo assim, uma ação protetora. No entanto, elas também são capazes de atuar sobre as amilases dos mamíferos (LAJOLO; GENOVESE; MENEZES, 1996).

Batista, Prudêncio e Fernandes (2010) avaliaram o efeito da extrusão em farinhas de feijão sobre o teor de antinutricionais. Houve uma redução significativa nos teores de inibidores de α -amilase após a extrusão das farinhas.

1.3.4 Taninos

Taninos são flavonóides poliméricos que compõem uma pequena parte de um amplo grupo de compostos fenólicos produzidos como metabólitos secundários por plantas (DÍAZ; CALDAS; BLAIR, 2010). Seus grupos hidroxifenólicos podem formar complexos com proteínas, íons metálicos e com outras macromoléculas, como polissacarídeos (SCHOFIELD; MBUGUA; PELL, 2001). Os complexos formados entre proteínas e taninos podem ser reversíveis ou irreversíveis. Os reversíveis ocorrem por ligações de hidrogênio,

provavelmente formadas entre as hidroxilas fenólicas dos taninos e os grupamentos amida das proteínas. Os irreversíveis ocorrem por ligações hidrofóbicas entre os núcleos aromáticos dos taninos e as cadeias laterais alifáticas dos aminoácidos proteicos (SANTOS; MELLO, 2004).

Em sementes de feijão, estes metabólitos encontram-se principalmente no tegumento e, juntamente com as antocianinas, determinam a cor, tonalidade e intensidade das sementes (DÍAZ; CALDAS; BLAIR, 2010). O conteúdo de taninos varia de acordo com a coloração da casca. Em feijões marrons, pretos, vermelhos e brancos, o teor médio de taninos é de 7,8, 6,6, 12,6 e 2,3 mg/g de equivalentes de catequina, respectivamente (LAJOLO; GENOVESE; MENEZES, 1996).

Toledo e Canniatti-Brazaca (2008) avaliaram o teor de taninos em feijão carioca submetidos a diferentes métodos de cocção. O feijão macerado, cozido em outra água, apresentou teores de taninos menores do que do feijão cozido na mesma água de maceração. Porém, o cozimento sem maceração prévia foi o mais efetivo para redução do conteúdo de taninos, devido ao fato de ser maior o tempo de exposição das amostras ao calor para cocção.

1.4 Propriedades nutricionais e tecnológicas do feijão

A necessidade de buscar variedades de feijão com propriedades tecnológicas atrativas é crescente, podendo ser comprovado pelo aumento do número de trabalhos científicos publicados nos mais de 10 anos de existência no Congresso Nacional de Pesquisa de Feijão (CONAFE), anteriormente denominada Reunião Nacional de Pesquisa de Feijão (RENAFE).

Dentre as características que abrangem as propriedades nutricionais e tecnológicas dos grãos de feijão destacam-se o teor proteico, tempo de cocção, tamanho, forma, coloração do tegumento, expansão dos grãos e capacidade de retenção de água (FARINELLI, 2006).

Apesar de ser uma boa fonte proteica, as proteínas do feijão possuem baixo valor biológico se comparado ao leite ou à carne. A baixa digestibilidade das proteínas e o reduzido teor e biodisponibilidade de aminoácidos sulfurados são responsáveis por esse baixo valor biológico (LAJOLO; GENOVESE; MENEZES, 1996).

O feijão apresenta reduzido teor de aminoácidos sulfurados nas proteínas de armazenamento. As proteínas das frações 7S e 11S contêm grandes quantidades dos ácidos aspártico e glutâmico, no entanto, os

teores de arginina e lisina variam consideravelmente, sendo que o conteúdo de lisina de muitas proteínas 11S é significativamente maior do que das proteínas 7S (SATHE, 2002).

A capacidade de retenção de água dos grãos de feijão depende do tipo e da quantidade de proteínas, bem como da presença de componentes não proteicos. Entre os componentes não proteicos, os carboidratos se destacam, aumentando a capacidade de retenção de água de preparações proteicas de feijão. Esta capacidade, em parte, depende do pH do sistema, pois o pH controla a carga elétrica das proteínas. Além disso, é importante para manter a umidade do produto e para a retrogradação do amido (SATHE, 2002).

A maceração tem sido sugerida para reduzir o conteúdo de substâncias antinutricionais e o tempo de cocção dos grãos. A maceração aumenta o conteúdo de água dos grãos antes do cozimento e, assim, acelera reações químicas, tais como a gelatinização do amido e a desnaturação proteica durante a cocção. Além disso, ocorre uma remoção parcial de estaquiose e rafinose, que estão relacionadas com o desenvolvimento da flatulência (ZAMINDAR et al., 2011).

Rodrigues et al. (2005) avaliaram a correlação entre capacidade de retenção de água pelos grãos e o tempo de cozimento de duas cultivares de feijão – Pérola (carioca) e TPS Nobre (preto). Eles observaram que o tempo de cozimento diminuiu com o aumento do tempo de permanência dos grãos macerados até 12h 49min. As variáveis apresentaram correlação negativa e significativa para as duas cultivares, mostrando que, à medida que aumentava a percentagem de hidratação dos grãos, reduzia-se o tempo de cocção.

O tempo de cozimento depende de vários fatores, como a natureza da cultivar, o tempo decorrido desde a colheita, as condições de armazenamento dos grãos e o modo de preparo. O armazenamento prolongado dos grãos, associado à temperatura e umidade inadequadas, são fatores determinantes na perda da qualidade do feijão, caracterizado pelo aumento no tempo necessário para o cozimento, aumento no grau de dureza, mudanças no sabor e escurecimento do tegumento em algumas cultivares (SARTORI, 1996).

Outros fatores que estão relacionados à qualidade tecnológica do feijão são os fenômenos “hardshell” (casca dura) e “hard-to-cook” (difícil de cozinhar). O termo “hardshell” refere-se aos grãos maduros e secos que possuem dificuldade em absorver água dentro de um período razoavelmente longo quando umedecidos. Já o termo “hard-to-cook” é uma expressão empregada para descrever uma condição na qual os grãos requerem um tempo de cozimento prolongado para amolecer, ou não

amolecem mesmo depois de um cozimento prolongado (SARTORI, 1996). Várias causas são sugeridas para explicar o desenvolvimento do fenômeno “hard-to-cook”. A mais citada atribui um importante papel para a pectina na parede celular, com formação de pectatos insolúveis e lignificação da lamela média. Além destas, a oxidação lipídica, ligações cruzadas de proteínas hidrolisadas e/ou compostos fenólicos também podem ser responsáveis pelo endurecimento do grão de feijão (GARCIA; LAJOLO, 1994).

Rios, Abreu e Corrêa (2003) avaliando o efeito da estocagem sobre algumas propriedades físicas e químicas de feijão, observaram que, tanto com uma colheita antecipada quanto com uma colheita normal, após oito meses de estocagem, a capacidade de absorção de água reduziu.

Coelho, Cielo e Téó (2006) avaliaram a perda da solubilidade proteica e a diminuição na absorção de água pelos grãos de feijão armazenados por 24 meses, sob refrigeração e à temperatura ambiente. Não foram observadas diferenças significativas entre os teores de proteína das variedades estudadas após o armazenamento. Entretanto, o tempo de armazenamento à temperatura ambiente diminuiu a absorção de água pelos grãos e a solubilidade das proteínas.

Uma série de tecnologias alternativas têm sido propostas para o uso de grãos de feijão com fenômeno “hard-to-cook”, tais como a extrusão e o tratamento térmico. A extrusão em farinhas de feijão com o fenômeno “hard-to-cook” foi estudada por Batista, Prudêncio e Fernandes (2010). O conteúdo proteico da farinha de feijão antes e após a extrusão não sofreu mudanças significativas. No entanto, embora a alta temperatura e pressão utilizadas no processo de extrusão não tenham alterado o teor proteico, mudaram as propriedades físicas e químicas das proteínas, como a solubilidade, digestibilidade, capacidade de emulsificação, propriedade espumante e atividade de compostos antinutricionais. A extrusão da farinha de feijões dos grupos carioca e preto aumentou a solubilidade em água em 18 e 16 %, respectivamente. A propriedade emulsificante das farinhas reduziu em 4,4 e 19,6 % para os tipos carioca e preto, respectivamente. Houve também redução do conteúdo de compostos antinutricionais e aumento da digestibilidade de proteínas e amido *in vitro*. Essas mudanças permitem a aplicação destas farinhas em preparações como pães, pós para sopas e cremes.

1.5 Derivados do feijão

A busca por alternativas mais adequadas às exigências do consumidor faz com que novos produtos com feijão sejam elaborados, agregando valor ao grão processado, oferecendo assim, maior praticidade de consumo e produtos semiprontos.

Batista, Prudêncio e Fernandes (2011) analisaram a substituição da farinha de trigo por farinha de feijão preto em pães. Verificaram que a inclusão de farinha de feijão na formulação de pães contribuiu para o aumento do conteúdo de proteínas e fibras. O pão com a farinha de feijão preto apresentou ainda uma coloração escura, com aparência similar aos que contêm farinha de trigo integral.

Dzudie, Scher e Hardy (2002) avaliaram o efeito da adição de farinha de feijão em salsichas. Os resultados mostraram que a incorporação de farinha de feijão aumentou o rendimento das salsichas cozidas devido à diminuição da perda por cozimento. Além disso, houve aumento da capacidade de retenção de água com a substituição. Embora a umidade e o teor de proteína tenham sido reduzidos, a farinha de feijão pode ser um potencial extensor para produtos cárneos.

Massa de espaguete contendo farinha de feijão foi avaliada por Gallegos-Infante et al. (2010). Os autores observaram que a adição da farinha de feijão à massa de espaguete diminuiu o tempo de cozimento e a absorção de água pelo macarrão. Porém, a perda de peso após o cozimento aumentou. No entanto, a adição da farinha de feijão aumentou a qualidade nutricional do espaguete.

Anton, Fulcher e Arntfield (2009) determinaram a viabilidade tecnológica da adição de farinha de feijão vermelho ao amido de milho para a produção de salgadinhos extrusados. A diminuição da quantidade de amido de milho e o aumento da concentração de proteínas e fibras provenientes da farinha de feijão resultaram em produtos menos expandidos. Um aumento da densidade e do teor de proteínas foi observado. Houve redução significativa dos fatores antinutricionais e do potencial antioxidante, com redução de cerca de 70 % no conteúdo de fenóis totais. Os autores concluíram que mais estudos e ensaios sensoriais devem ser realizados, a fim de avaliar a aceitabilidade dos extrusados de feijão.

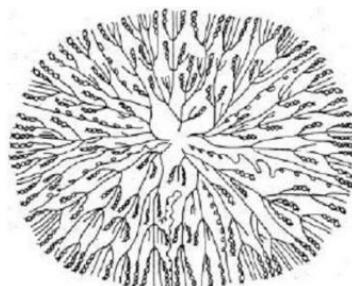
Bassinello et al. (2010) desenvolveram uma pré-mistura para bolos substituindo a farinha de trigo, em diversas porcentagens, por diferentes proporções das farinhas de arroz e de feijão. Bolos obtidos com 50 % de substituição de farinha de trigo por farinha de arroz e feijão, em diferentes proporções, apresentaram propriedades

tecnológicas, aceitabilidade e estabilidade comparáveis ao da formulação padrão – somente com farinha de trigo.

1.6 Amido

O amido é a principal substância de reserva nas plantas, sendo um dos principais componentes da maioria dos vegetais, fornecendo de 79 a 80 % das calorias de consumo humano no mundo. Distingue-se entre os carboidratos por ocorrer, na natureza, em partículas características denominadas grânulos, como representado na Figura 2 (BEMILLER; HUBER, 2010).

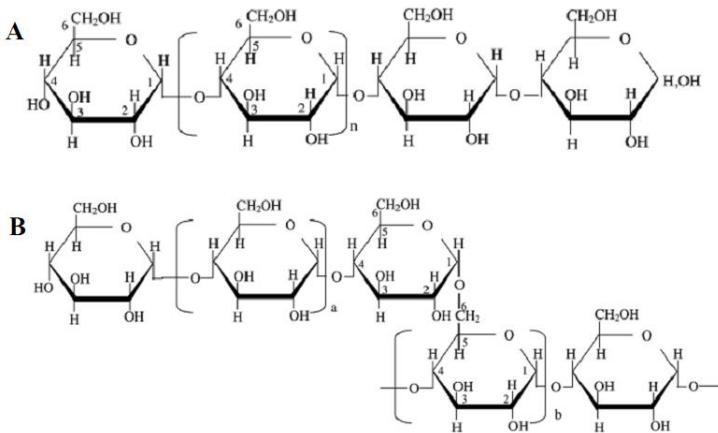
Figura 2 - Representação esquemática do grânulo de amido.



Fonte: Lineback (1986) apud Feniman (2004).

O amido é um polissacarídeo composto por cadeias de amilose e amilopectina. A amilose é formada por unidades de glicose unidas por ligações α -(1,4), originando uma cadeia linear, podendo apresentar pequenas ramificações. Já a amilopectina é formada por unidades de glicose unidas em α -(1,4) e com pontos de ramificações α -(1,6), formando uma estrutura ramificada (WALTER; SILVA; EMANUELLI, 2005) (Figura 3).

Figura 3 – Cadeias de amilose (A) e amilopectina (B).



Fonte: Morrison (1996).

O teor de amido, em base seca, presente nas diversas cultivares de feijão, situa-se entre 45 e 60 %. Os seus grânulos de amido contêm quantidades elevadas de amilose (24 a 65 %), capaz de apresentar retrogradação, enquanto a maioria dos outros alimentos, fontes de carboidratos, não contém mais de 25 a 30 % (LAJOLO; GENOVESE; MENEZES, 1996).

O amido geralmente é extraído por processos que permitem o carregamento de substâncias contaminantes como proteínas, lipídeos e cinzas. Em pequenas quantidades no amido, essas substâncias podem interferir nas propriedades físico-químicas e funcionais (CEREDA, 2001).

O conhecimento da composição dos grânulos e das propriedades reológicas dos amidos tem significativa importância para as indústrias de alimentos que buscam manter e realçar as propriedades de seus produtos em períodos de armazenamento (BOBBIO; BOBBIO, 1995).

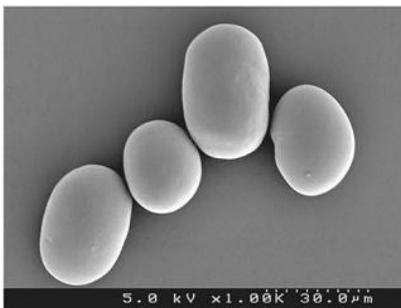
O tamanho e forma dos grânulos de amido estão entre os principais fatores na determinação de seus usos potenciais. Grânulos pequenos (2,0 μm) podem ser usados como substitutos de gordura devido ao tamanho ser semelhante aos glóbulos de lipídeos, embora o tamanho do grânulo usado para esta finalidade seja obtido somente com modificações (ZAMBRANO; CAMARGO; TAVARES, 2001).

A crescente demanda por amidos para a indústria criou interesses por novas fontes de polissacarídeos. Aplicações do amido em sistemas alimentícios são principalmente regidas pelas suas propriedades de gelatinização, pasta, solubilidade e digestibilidade (SOBOKOLA; ABODERIN, 2012).

As propriedades do amido são resultantes de diversas características, tais como o tamanho dos grânulos, teores de amilose e amilopectina, o tipo de cadeias destes polímeros e presença de resíduos da extração (CEREDA et al., 2001 apud OLIVEIRA, 2011).

As características morfológicas de amidos provenientes de diferentes fontes vegetais variam de acordo com o genótipo e com a cultura (SINGH et al., 2003). O tamanho e a forma dos grânulos variam com a espécie e a distribuição de tamanho varia com o estágio de desenvolvimento da planta. Para a determinação do tamanho dos grânulos, têm sido aplicados métodos microscópicos, principalmente utilizando a microscopia eletrônica de varredura (LEONEL, 2007). O amido de feijão é constituído por grânulos elipsóides ou esféricos, com tamanhos variados, conforme pode ser observado na Figura 4 (OVANDO-MARTÍNEZ et al., 2011; CHUNG et al., 2008 a).

Figura 4 – Micrografia eletrônica de varredura do amido de feijão (1000 x).



Fonte: Chung et al. (2008 a).

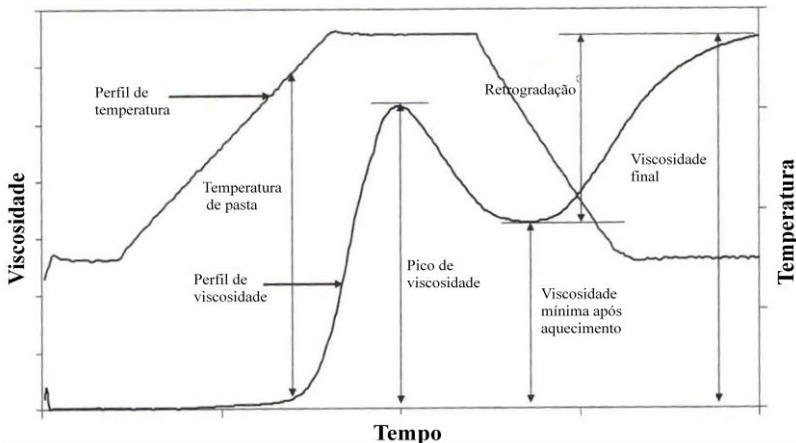
Os grânulos de amido apresentam birrefringência quando observados em microscópio óptico sob luz polarizada (cruz de malta), indicando certo grau de organização molecular. As ramificações das moléculas de amilopectina apresentam-se como dupla hélice empacotada. O empacotamento conjunto dessas estruturas de hélices duplas forma as regiões cristalinas dos grânulos (BEMILLER; HUBER, 2010).

Os grânulos de amido não são solúveis em água fria, mas podem absorver água de modo reversível, podendo inchar um pouco e retornar ao seu tamanho natural ao secarem. Quando aquecidos em água, os grânulos passam por um processo chamado gelatinização, que inclui o inchamento irreversível do grânulo e perda da cristalinidade a ausência da cristalinidade pode ser visualizada através da perda da cruz de malta (birrefringência) (BEMILLER; HUBER, 2010). O momento em que desaparece a birrefringência é conhecido como ponto ou temperatura de gelatinização, que normalmente ocorre dentro de uma faixa de temperaturas, gelatinizando primeiramente os grânulos maiores e posteriormente os menores (WHISTLER; DANIEL, 1993).

O aquecimento contínuo, em excesso de água, resulta em inchamento do grânulo, lixiviação de compostos solúveis (principalmente amilose) e, enfim, ruptura total dos grânulos, resultando na formação de uma pasta de amido (BEMILLER; HUBER, 2010).

As mudanças que acontecem nos grânulos de amido devido à gelatinização e retrogradação são os principais fatores que influenciam o comportamento de pasta do amido e sua posterior aplicação (ZAVAREZE et al., 2009). Essas mudanças podem ser medidas em curvas construídas em viscoamilógrafos, como o Brabender e o Rápido Viscoanalisador (RVA) (Figura 5) (SINGH et al., 2003).

Figura 5 – Curva de viscosidade típica do RVA (Rápido Viscoanalisador) mostrando os parâmetros comumente avaliados.



Fonte: Crosbie e Ross (2009).

À medida que a suspensão de amido é aquecida, os grânulos começam a inchar. A água auxilia a fusão das regiões cristalinas, o que por sua vez permite um movimento mais rápido da água para dentro do grânulo. Os grânulos absorvem a água, reduzindo a água disponível no meio e causando interações físicas entre os grânulos. Com isso, ocorre o aumento súbito da viscosidade observado durante a fase de aquecimento (CROSBIE; ROSS, 2009).

No tempo em que o pico de viscosidade é alcançado, alguns grânulos são quebrados pela agitação. Com a continuidade da agitação, mais grânulos rompem-se e fragmentam-se, causando decréscimo de viscosidade. Ao se resfriarem, algumas moléculas de amido se reassociam parcialmente, formando um precipitado ou um gel, sendo esse processo chamado de retrogradação (BEMILLER; HUBER, 2010).

As propriedades reológicas dos diferentes amidos podem variar como função da estrutura do grânulo e composição físico-química. Várias mudanças reológicas ocorrem nos amidos quando os mesmos são colocados em água e aquecidos acima da temperatura de gelatinização (ABRAHAM; SIMI, 2008).

REFERÊNCIAS

ABRAHAM, T. E; SIMI, C. K. Physicochemical Rheological and Thermal Properties of Njavara Rice (*Oryza sativa*) Starch. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 3. n 56, p. 12105–12113, 2008.

ANTON, A. A.; FULCHER, R. G.; ARNTFIELD, S. D. Physical and nutritional impact of fortification of corn starch-based extruded snacks with common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flour: effects of bean addition and extrusion cooking. **Food Chemistry**, v. 113, p. 989-996, 2009.

BASSINELLO, P. Z.; CARVALHO, R. N.; ALMEIDA, R. P.; ARAÚJO, M. R.; COBUCCI, R. M. A. **Desenvolvimento de mistura para bolo com farinhas de quirera de arroz e bandinha de feijão**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Goiás, 2010. 8 p. (Embrapa Goiás. Comunicado Técnico, 193).

BATISTA, K. A.; PRUDÊNCIO, S. H.; FERNANDES, K. F. Changes in the functional properties and antinutritional factors of extruded hard-

to-cook common beans. **Journal of Food Science**, v. 75, n. 3, p. 286-290, 2010.

BATISTA, K. A.; PRUDÊNCIO, S. H.; FERNANDES, K. F. Wheat Bread enrichment with hard-to-cook bean extruded flours: nutritional and acceptance evaluation. **Journal of Food Science**, v. 76, n. 1, p. 108-113, 2011.

BENEVIDES, C. M. J.; SOUZA, M. V.; SOUZA, R. D. B.; LOPES, M. V. Fatores antinutricionais em alimentos: Revisão. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 18, n. 2, p. 67-79, 2011.

BEMILLER, J. N.; HUBER, K. C. Carboidratos. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**. Porto Alegre: Artmed, 2010.

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Introdução à Química dos Alimentos**. 2 ed. São Paulo: Varela, 1995. 223 p.

CARNEIRO, J. C. S.; MINIM, V. P. R.; SOUZA JR., M. M.; CARNEIRO, J. E. S.; ARAÚJO, G. A. A. Perfil sensorial e aceitabilidade de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 1, p. 18-24, 2005.

CEREDA, M. P. Propriedades gerais do amido. São Paulo: Fundação Cargill, p. 221, (Série: culturas de tuberosas amiláceas Latino-Americanas, v. 1), 2001.

CHUNG, H. J.; LIU, Q.; PAULS, K. P.; FAN, M. Z.; YADA, R. In vitro starch digestibility, expected glycemc index and some physicochemical properties of starch and flour from common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties grown in Canada. **Food Research International**, v. 41, p. 869-875, 2008 a.

COELHO, S. R. M.; CIELO, M. A.; TÉO, C. R. P. A. Pós-colheita de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.): efeito do armazenamento nas propriedades físico-químicas. **Varia Scientia**, v. 6, n. 11, p. 43-49, 2006.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira:** grãos, décimo levantamento, julho de 2012. Brasília: Conab, 2012.

CROSBIE, G. B.; ROSS, A. S. **The RVA Handbook**. Minnesota: AACC International, 2009.

DAMODARAN, S. Aminoácidos, peptídeos e proteínas. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**. Porto Alegre: Artmed, 2010.

DÍAZ, A. M.; CALDAS, G. V.; BLAIR, M. W. Concentration of condensed tannins and anthocyanins in common bean seed coats. **Food Research International**, v. 43, p. 595-601, 2010.

DOMÍNGUEZ, B. M.; GÓMEZ, M. V. I.; LÉON, F. R. Acido fítico: aspectos utricionales e implicaciones analíticas. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 52, n. 3, p. 219-231, 2002.

DURIGAN, J. F.; SGARBIERI, V. C.; BULISANI, E. A. Protein value of dry bean cultivars: factors interfering with biological utilization. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 35, n. 5, p. 694-698, 1987.

DZUDIE, T.; SCHER, J.; HARDY, J. Common bean flour as an extender in beef sausages. **Journal of Food Engineering**, v. 52, p. 143-147, 2002.

EMBRAPA (2010). Agência de Informação Embrapa: Feijão. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br>> Acesso em 16 Maio 2011.

FARINELLI, R. **Características agronômicas e tecnológicas em genótipos de feijoeiro**. 2006. 92 f. Tese (Doutor em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTAT**. 2010. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 12 nov 2012.

FERREIRA, C. M.; DEL PELOSO, M. J.; FARIA, L. C. **Feijão na economia nacional**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002.

FENIMAN, C. M. **Caracterização de raízes de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) do cultivar IAC 576-70 quanto à cocção, composição química e propriedades do amido em duas épocas de colheita**. 2004. 99 f. Dissertação (Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

GALLEGOS-INFANTE, J. A.; ROCHA-GUZMAN, N. E.; GONZALEZ-LAREDO, R. F.; OCHOA-MARTÍNEZ, L. A.; CORZO, N.; BELLO-PEREZ, L. A.; MEDINA-TORRES, L.; PERALTA-ALVAREZ, L. E. Quality of spaghetti pasta containing Mexican common bean flour (*Phaseolus vulgaris* L.). **Food Chemistry**, v. 119, p. 1544-1549, 2010.

GARCIA, E.; LAJOLO, F. M. Starch alterations in hard-to-cook beans (*Phaseolus vulgaris*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 42, p. 612-615, 1994.

GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Influence of naturally acid-soluble proteins from beans (*Phaseolus vulgaris* L.) on *in vitro* digestibility determination. **Food Chemistry**, v. 62, n. 3, p. 315-323, 1998.

GEPTS, P.; DEBOUCK, D. Origin, domestication, and evolution of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). In: SCHOONHOVEN, A. van; VOYSEST, O. **Common Beans: Research for Crop Improvement**. Wallingford: C.A.B. International, 1991.

GRAF, E.; EMPSON, K. L.; EATON, J. W. Phytic acid: A natural antioxidant. **The Journal of Biological Chemistry**, v. 262, n. 24, p. 11647-11650, 1987.

IBGE. Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009: **Análise do Consumo Alimentar Pessoal no Brasil**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2011.

JOURDAN, G. A.; NOREÑA, C. P. Z. ; BRANDELLI, A. Inactivation of trypsin inhibitor activity from brazillian varieties of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Food Science and Technology International**, v. 13, n. 195, p 195-198, 2007.

KOBLITZ, M. G. B. Carboidrases. In: KOBLITZ, M. G. B. **Bioquímica de Alimentos: Teoria e Aplicações Práticas**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I.; MENEZES, E. W. Qualidade nutricional. In: ARAÚJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. de O. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFOS, 1996.

LEONEL, M. Análise da forma e tamanho de grânulos de amidos de diferentes fontes botânicas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 3, p. 579-588, 2007.

LOLAS, G. M.; MARKAKIS, P. Phytic acid and other phosphorus compounds of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 23, n. 1, p. 13-15, 1975.

MARQUEZ, U. M. L.; LAJOLO, F. M. Composition and digestibility of albumin, globulins, and glutelins from *Phaseolus vulgaris*. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v. 29, n. 5, p. 1068-1074, 1981.

MONTOYA, C. A.; LALLÈS, J. P.; BEEBE, S.; LETERME, P. Phaseolin diversity as a possible strategy to improve the nutritional value of common beans (*Phaseolus vulgaris*). **Food Research International**, v. 43, p. 443-449, 2010.

MORRISON, R. T.; BOYD, R. N. **Química Orgânica**. 13. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1996.

OLIVEIRA, C. D. **Caracterização e potencial tecnológico de amidos de diferentes cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. 2011. 142 f. (Mestre em Engenharia de Alimentos) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

OVANDO-MARTÍNEZ, M.; OSORIO-DÍAZ, P.; WHITNEY, K.; BELLO-PÉREZ, L. A.; SIMSEK, S. Effect of the cooking on physicochemical and starch digestibility properties of two varieties of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) grown under different water regimes. **Food Chemistry**, v. 129, p. 358-365, 2011.

PEREIRA, C. A. S.; COSTA, N. M. B. Proteínas do feijão preto sem casca: digestibilidade em animais convencionais e insetos de germes (germ free). **Revista de Nutrição**, v. 15, n. 1, p. 05-14, 2002.

PIRES, C. V.; OLIVEIRA, M. G. A.; ROSA, J. C.; COSTA, N. M. B. Qualidade nutricional e escore químico de aminoácidos de diferentes fontes protéicas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, p.179-187, 2006.

RAMÍREZ-CÁRDENAS, L.; LEONEL, A. J.; COSTA, N. M. B. Efeito do processamento doméstico sobre o teor de nutrientes e de fatores antinutricionais de diferentes cultivares de feijão comum. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 1, p. 200-213, 2008.

RIOS, A. 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 de Alimentos**, v. 23 (Supl), p. 39-45, 2003.

RODRIGUES, J. A.; RIBEIRO, N. D.; LONDERO, P. M. G.; CARGNELUTTI FILHO, A.; GARCIA, D. C. Correlação entre absorção de água e tempo de cozimento de cultivares de feijão. **Ciência Rural**, v. 35, n. 1, p. 209-214, 2005.

RUIZ-RUIZ, J.; MARTÍNEZ-AYALA, A.; DRAGO, S.; GONZÁLEZ, R.; BETANCUR-ANCONA, D.; CHEL-GUERRERO, L. Extrusion of a hard-to-cook bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and quality protein maize

(*Zea mays* L.) flour blend. **Food Science and Technology**, v. 41, p. 1799-1807, 2008.

SANTOS, S. C.; MELLO, J. C. P. Taninos. In: SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. Porto Alegre / Florianópolis: Editora da UFRGS / Editora da UFSC, 2004.

SARTORI, M. R. Armazenamento. In: ARAÚJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. de O. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFOS, 1996.

SATHE, S. K. Dry bean protein functionality. **Critical Reviews in Biotechnology**, v. 22, n. 2, p. 175-223, 2002.

SCHOFIELD, P.; MBUGUA, D. M.; PELL, A. N. Analysis of condensed tannins: a review. **Animal Feed Science and Technology**, v. 91, p. 21-40, 2001.

SGARBIERI, V. C. **Proteínas em Alimentos Proteicos: Propriedades, Degradações, Modificações**. São Paulo: Livraria Varela, 1996.

SILVA, M. R.; SILVA, M. A. A. P. Aspectos nutricionais de fitatos e taninos. **Revista de Nutrição**, v. 12, n. 1, p. 5-19, 1999.

SINGH, N.; SINGH, J.; KAUR, L.; SODHI, N. S.; GILL, B. S. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. **Food Chemistry**, v. 81, p. 219-231, 2003.

SOBOKOLA, O. P.; ABODERIN, A. T. Studies on some properties of starches from three *Mucuna* species. **International Food Research Journal**, v. 19, n. 3, p. 913-921, 2012.

Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO) / NEPA-UNICAMP. Versão II. Campinas, SP: NEPA-UNICAMP, 2. ed. 2006.

TOLEDO, T. C. F.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Avaliação química e nutricional do feijão carioca (*Phaseolus vulgaris* L.) cozido por

diferentes métodos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 2, p. 355-360, 2008.

WALTER, M; SILVA, L. P.; EMANUELLI, T. Amido resistente: características físico-químicas, propriedades fisiológicas e metodologias de quantificação. **Ciência Rural**, v. 35, n. 4, p. 974-980, 2005.

YIN, S.-W.; TANG, C.-H.; WEN, Q.-B.; YANG, X.-Q.; LI, L. Functional properties an *in vitro* trypsin digestibility of red kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) protein isolate: effect of high-pressure treatment. **Food Chemistry**, v. 110, p. 938-945, 2008.

ZAMBRANO, F.; CAMARGO, C. R. O; TAVARES, D. Amido de mandioca modificado comparado com substitutos de gordura comerciais. **Brazilian Journal of Food Technology**. n. 4, p. 155- 161, 2001.

ZAMINDAR, N.; BAGHEKHANDAN, M. S.; NASIRPOUR, A.; SHEIKHZEINODDIN, M. Effect of line, soaking and cooking on water absorption, texture and splitting of red kidney beans. **Journal of Food Science and Technology**, v. 48, 2011.

ZAVAREZE, E. R.; RODRIGUES, A. O.; STROCK, C. R. ASSIS, L. M. WALLY, A. P. S.; DIAS, A. R. G. Poder de inchamento e solubilidade de amido de arroz submetido ao tratamento térmico com baixa umidade. **Brazilian Journal of Food Technology**, II SSA, p. 31-35, 2009.

CAPÍTULO 2 – CARACTERÍSTICAS NUTRICIONAIS E ANTINUTRICIONAIS DE DIFERENTES CULTIVARES DE FEIJÃO COMUM

2.1 INTRODUÇÃO

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é consumido mundialmente, sendo que o continente americano corresponde a 43,2 % do consumo (EMBRAPA, 2010). É um produto tradicional na alimentação da população brasileira, principalmente para as classes de baixa renda (RIOS; ABREU; CORRÊA, 2003). O grão de feijão foi considerado por muito tempo no Brasil como o alimento básico para a população, tanto nas áreas rurais quanto urbanas (COSTA et al., 2006).

Os feijões são leguminosas consumidas em grandes quantidades, no Brasil e no mundo, por todas as classes sociais, sendo, para muitos indivíduos, a principal fonte de proteínas, minerais, vitaminas e fibras (DEL PINO; LAJOLO, 2003).

O consumo médio de feijão no Brasil, segundo dados do IBGE (2011), é de 182,9 g/hab/dia. A grande variedade de cores, tamanhos e formas das sementes são características que influenciam a preferência por determinada variedade (CARNEIRO et al., 2005).

O feijão representa uma fonte de diversos nutrientes, devido seu alto conteúdo proteico, além do elevado teor de lisina, fibra alimentar, carboidratos complexos, presença de vitaminas do complexo B e minerais, sendo utilizado como alternativa em substituição a carnes e outros alimentos proteicos (LAJOLO; GENOVESE; MENEZES, 1996; RIOS; ABREU; CORRÊA, 2003).

Apesar de tais vantagens, os feijões apresentam algumas características indesejáveis que limitam sua aceitabilidade ou seu valor nutricional, tais como o fenômeno “hard to cook”, a presença de fatores antinutricionais, e o baixo valor nutricional de suas proteínas, já que não possui todos os aminoácidos essenciais em quantidades significativas (RAMÍREZ-CÁRDENAS; LEONEL; COSTA, 2008).

No caso do feijão, os fatores antinutricionais – fitatos, inibidores de protease, lectina, e polifenóis (taninos), inibidores da α -amilase - reduzem a atividade de algumas enzimas, a ação biológica de diversos compostos químicos e a absorção de metabólitos (BATISTA; PRUDÊNCIO; FERNANDES, 2010). Com a retirada da casca,

acredita-se haver um aumento da digestibilidade das proteínas do feijão pela eliminação de alguns fatores antinutricionais, como os taninos (PEREIRA; COSTA, 2002).

Estudos sobre diferentes cultivares e grupos de cor de feijão podem contribuir para futuras aplicações tecnológicas. Portanto, a proposta deste trabalho foi avaliar as características nutricionais e os fatores antinutricionais de diferentes cultivares de feijão para os grupos comerciais de cor Vermelho, Carioca e Preto em diferentes locais de cultivo.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Material

As cultivares de feijão estudadas foram indicadas e cultivadas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), dentre aquelas economicamente mais importantes para o Brasil, sendo constituídas pelos grupos comerciais Vermelho, Carioca e Preto. Os feijões foram cultivados no campo experimental da EMBRAPA Arroz e Feijão, sendo procedentes das cidades de Ponta Grossa, no Estado do Paraná; e de Santo Antônio de Goiás, no Estado de Goiás, todas da safra 2011. As cultivares analisadas foram BRS Embaixador e BRS Pitanga (grupo comercial Vermelho), BRS Estilo e Pérola (grupo comercial Carioca), BRS Campeiro e BRS Esplendor (grupo comercial Preto) (Figura 1).

Figura 1 - Cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) cedidas pela EMBRAPA.



Fonte: Acervo do autor (2013).

Os grãos foram armazenados em local fresco e seco, em sacos de polietileno, em porções de 300 g, até a realização das análises - que se iniciaram em janeiro de 2012 - e os reagentes empregados foram de grau analítico ou cromatográfico, quando requerido.

2.2.1.1 Informações gerais sobre local de plantio

Todas as cultivares foram plantadas em solo tipo latossolo vermelho escuro com sistema de plantio direto sobre a palha de milho, sob condições adequadas de adubação e irrigação. As cultivares provenientes de Ponta Grossa foram colhidas no mês de maio, correspondendo à safrinha 2011. Já as cultivares procedentes de Santo Antônio de Goiás foram colhidas entre os meses de setembro e outubro – terceira safra de 2011.

2.2.2 Métodos

2.2.2.1 Obtenção da farinha de feijão

Após a chegada de todas as cultivares provenientes de Ponta Grossa e Santo Antônio de Goiás, os feijões colhidos e secos foram lavados com detergente neutro, fornecido pela própria Universidade Federal de Santa Catarina, e água destilada, em uma proporção 1:5, secos em estufa a 45 °C por 5 h, evitando assim, possíveis interferências nas análises. Os grãos amostrados foram moídos em microprocessador (Q298A21, Quimis[®], Diadema, Brasil) e a farinha resultante foi peneirada (60 mesh) até a obtenção de um pó homogêneo. As amostras de farinha de feijão foram embaladas a vácuo e armazenadas sob congelamento até a realização das análises, que se iniciaram no início de janeiro de 2012.

2.2.2.2 Composição nutricional

O teor de umidade (método 925.10), proteínas (método 920.87), lipídeos (método 945.39) e cinzas (método 942.05) foram determinados segundo metodologia da *Association of Official Analytical Chemists - AOAC* (2005). A determinação de carboidratos foi realizada por diferença, sendo subtraída de 100 a soma dos teores de lipídeos, proteínas, umidade, cinzas e fibras. Os resultados foram expressos em base peso seco.

As fibras totais foram determinadas pelo Kit “Total Dietary Fibre”, da Megazyme, baseado nos métodos da AOAC e da *American Association for Cereal Chemistry* (AACC).

2.2.2.3 Teor dos antinutricionais

2.2.2.3.1 Ácido fítico

Para a determinação do ácido fítico, foi utilizado o Kit “Phytic Acid (Phytate)/Total Phosphorus”, da Megazyme. O método se baseia na extração ácida do inositol fosfato seguido de um tratamento com fitase específica para o ácido fítico (IP₆) e a formação de formas menores do *mio*-inositol fosfato (IP₂, IP₃, IP₄, IP₅). O tratamento subsequente com fosfatase alcalina assegura a liberação do fosfato final do *mio*-inositol fosfato (IP₁), que é relativamente resistente à ação da fitase. A liberação total de fosfato foi medida utilizando um método colorimétrico. O fósforo total foi medido em espectrofotômetro (U-1800 UV/VIS, Hitachi®) a 655 nm, e convertido em ácido fítico usando as equações 1 e 2. A curva padrão foi elaborada com o fósforo presente no kit.

$$\begin{aligned} \text{Fósforo total [g/100g]} &= \frac{\text{média M} \times 20 \times 55,6}{10000 \times 1,0 \times 1,0} \times \Delta A_{\text{fósforo}} \\ &= \text{média M} \times 0,1112 \times \Delta A_{\text{fósforo}} \end{aligned} \quad (1)$$

$$\text{Ácido fítico [g/100 g]} = \frac{\text{fósforo [g/100g]}}{0,282} \quad (2)$$

Onde:

Média M - média do valor do padrão de fósforo [$\mu\text{g}/\Delta A_{\text{fósforo}}$]

20 - volume original do extrato da amostra [mL]

ΔA - diferença de absorvância da amostra

10000 - conversão de $\mu\text{g/g}$ para g/100g

1,0 - peso da amostra original [g]

v - volume da amostra (usado na determinação colorimétrica)

2.2.2.3.2 Taninos

Os taninos foram determinados pelo método da vanilina-HCl de acordo com Price, Van Scoyoc e Butler (1978). A extração deu-se a partir de 200 mg de farinha de feijão, com adição de 20 mL de metanol e

banho de ultrassom durante 20 minutos. Esta suspensão foi filtrada em papel filtro e 1 mL do filtrado foi recolhido. A este filtrado foram acrescentados 2,5 mL de HCl em metanol a 8 %, e em seguida foi adicionada vanilina a 1 % em metanol. Após 20 minutos a 30 °C em banho-maria, a absorbância foi lida a 500 nm em espectrofotômetro (U-1800 UV/VIS, Hitachi®). A curva padrão foi elaborada com catequina (Sigma Chemical Co., St. Louis, Missouri) em metanol. O resultado foi expresso em mg de catequina/g de feijão.

2.2.2.3.3 Inibidor de tripsina

A atividade do inibidor de tripsina foi determinada segundo Kakade et al. (1974). A 1 g da farinha de feijão foram adicionados 50 mL de solução de NaOH 0,01 mol.L⁻¹ e a suspensão foi deixada em repouso por 1 h. A suspensão foi diluída até o ponto em que 1 mL da suspensão inibisse 40 a 60 % da tripsina. Alíquotas de 0; 0,6; 1,0; 1,4 e 1,8 mL de suspensão de feijão foram pipetadas, em triplicata, em conjunto de tubos de ensaio, e completados para 2 mL com água destilada. Em seguida, 2 mL de solução de tripsina de pâncreas bovino (15267 U.mg⁻¹, Sigma Chemical Co., St. Louis, Missouri) foram adicionados aos tubos e estes foram colocados a 37°C em banho-maria. A cada tubo, 5 mL de solução de benzoil-DL-arginina-*p*-nitroanilida (BAPA, Sigma Chemical Co., St. Louis, Missouri), previamente aquecida a 37 °C, foram adicionados. Após 10 minutos, 1 mL de solução de ácido acético 30 % foi adicionada, finalizando assim, a reação. A mistura foi filtrada em filtro Whatman n° 3 e a absorbância do filtrado foi medida em espectrofotômetro (U-1800 UV/VIS, Hitachi®) a 410 nm contra um branco do reagente. O branco do reagente foi preparado pela adição de 1 mL de solução de ácido acético 30 % em um tubo contendo 2 mL de solução de tripsina e 2 mL de água destilada, com posterior adição de 5 mL de solução BAPA. Um branco da amostra também foi determinado pela adição de 2,5 mL de solução de BAPA a 1 mL do extrato da amostra, que foi incubado por 10 min a 37 °C. A esta mistura, foram adicionados 0,5 mL de solução de ácido acético e 1 mL de solução de tripsina.

Os resultados foram expressos como unidades inibitórias de tripsina (UIT) por grama de amostra, sendo uma unidade inibitória responsável pela inibição de uma unidade de tripsina.

2.2.2.3.4 Inibidor da α -amilase

A determinação da atividade do inibidor da α -amilase foi realizada utilizando a metodologia proposta por Deshpande et al. (1982). Para se determinar a atividade do inibidor da α -amilase, é necessário o conhecimento da atividade desta enzima.

Ensaio da atividade da α -amilase

Uma alíquota de 0,5 mL de suspensão de amido 1 % (Synth[®], Diadema, Brasil) em tampão fosfato de sódio 0,2 mol.L⁻¹ (pH 7,0) foram adicionados a 0,25 mL de solução de enzima α -amilase de *Aspergillus oryzae* (28,75 U.mg⁻¹, Sigma Chemical Co., St. Louis, Missouri). Ao final de três minutos, a reação foi finalizada com a adição de 2 mL do ácido dinitrosalicílico e aquecido em água em ebulição por 10 minutos. O tubo então foi resfriado em água corrente e o volume foi completado com água destilada para 13 mL. A absorbância foi lida em espectrofotômetro (U-1800 UV/VIS, Hitachi[®]) a 540 nm contra um branco.

Os açúcares redutores liberados foram expressos em maltose. Uma unidade de atividade enzimática é definida como aquela que libera do amido solúvel, um micromol de grupos redutores (calculados como maltose) por minuto, a 37 °C e pH 7,0, nas condições especificadas.

Ensaio do inibidor de α -amilase

O ensaio para o inibidor de α -amilase foi realizado a partir da extração de 1 g de farinha de feijão com 10 mL de água destilada por 12 h a 4 °C e centrifugação a 3000 x g (Hermle Z200A, Labor Technik[®]) por 20 minutos. O sobrenadante foi avaliado para a atividade inibitória da α -amilase. A 0,25 mL do sobrenadante, foram adicionados 0,25 mL de solução de enzima α -amilase e o tubo foi incubado por 15 minutos a 37 °C. A esta mistura, foi adicionado 0,5 mL de solução de amido 1 % (Synth[®], Diadema, Brasil) previamente incubado a 37 °C. Ao final de três minutos, a reação foi finalizada com a adição de 2 mL do ácido dinitrosalicílico e aquecido em água em ebulição por 10 minutos. O tubo então foi resfriado em água corrente e o volume foi completado com água destilada para 13 mL. A absorbância foi lida em espectrofotômetro (U-1800 UV/VIS, Hitachi[®]) a 540 nm contra um branco.

Uma unidade do inibidor de α -amilase é definida como a quantidade de inibidor que inibe uma unidade de α -amilase.

2.2.3 Estatística

Todas as análises foram conduzidas em três repetições e os dados expressos como média \pm desvio padrão (DP). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), ao nível de 5 % de significância, seguido pelo teste de Tukey para comparação das médias.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Composição nutricional

Os valores da composição nutricional das farinhas de feijão das diferentes cultivares são apresentados na Tabela 1. Observam-se diferenças entre as cultivares do mesmo grupo e entre grupos diferentes. Apenas para os feijões do grupo preto, não houve diferenças significativas nos teores de proteína, o mesmo sendo válido para o teor de carboidratos desse grupo, das cultivares provenientes de Santo Antônio de Goiás.

O teor de proteína das farinhas de feijão variou de 17,72 a 25,13 %, evidenciando a alta quantidade de proteína desta leguminosa e seu potencial como fonte de proteína dos alimentos. Resultados similares foram encontrados por Saha et al. (2009), onde trinta e cinco diferentes genótipos de *Phaseolus vulgaris* L. foram estudados e o teor de proteína variou de 18,66 a 26,17 %. Teores de proteína ainda mais altos foram encontrados por Pujolà, Farreras e Casañas (2007), variando de 23,4 a 32 % para nove cultivares provenientes da Índia.

Segundo os Comunicados Técnicos da Embrapa, as cultivares BRS Embaixador, BRS Pitanga, BRS Estilo, Pérola, BRS Campeiro e BRS Esplendor apresentam 19 %, 21,5 %, 23 %, 22 %, 22,8 % e 18 %, respectivamente, para os teores de proteínas (CARNEIRO et al, 2003; RAVA et al., 2004; DEL PELOSO et al., 2008; COSTA et al., 2009; MELO et al, 2009). É possível observar que existe variação entre as cultivares quando comparadas com as mesmas cultivares procedentes das duas cidades, mostrando que o local de origem e os fatores climáticos podem influenciar na composição nutricional.

Tabela 1 - Composição nutricional média (g/100 g) em base seca das cultivares de feijão provenientes de Ponta Grossa – PR e Santo Antônio de Goiás – GO.

Grupo de cor	Cultivar	Componente (g/100 g) ± DP						
		Fibra alimentar						
		Carboidratos	Proteínas	Insolúvel	Solúvel	Umidade	Cinzas	Lipídeos
Vermelho	BRS Embaixador	45,86 ± 1,39 ^c	23,18 ± 0,37 ^b	12,19 ± 2,02 ^{fg}	2,53 ± 0,35 ^{bc}	10,83 ± 0,25 ^{cd}	4,44 ± 0,07 ^a	0,97 ± 0,04 ^f
	BRS Pitanga	37,60 ± 0,81 ^e	25,13 ± 0,06 ^a	17,98 ± 0,18 ^{bcd}	2,23 ± 1,12 ^c	11,88 ± 0,19 ^a	4,11 ± 0,16 ^{bc}	1,07 ± 0,08 ^{ef}
	BRS Estilo	48,90 ± 0,61 ^{ab}	21,18 ± 0,13 ^c	11,41 ± 0,66 ^g	2,60 ± 0,10 ^{bc}	10,46 ± 0,22 ^{de}	3,78 ± 0,04 ^{def}	1,66 ± 0,13 ^{ab}
Ponta Grossa	Pérola	46,30 ± 0,39 ^{bc}	22,82 ± 0,04 ^b	12,24 ± 0,12 ^{fg}	1,32 ± 0,06 ^{cd}	11,43 ± 0,18 ^{ab}	4,32 ± 0,04 ^{ab}	1,56 ± 0,07 ^{abc}
	BRS Campeiro	43,77 ± 1,12 ^{cd}	23,55 ± 0,80 ^b	16,03 ± 0,07 ^{cde}	< 0,5 ± 0,00 ^d	11,13 ± 0,23 ^{bc}	3,98 ± 0,07 ^{cd}	1,03 ± 0,04 ^{ef}
	BRS Esplendor	38,04 ± 1,61 ^e	23,41 ± 0,58 ^b	20,75 ± 0,70 ^a	2,20 ± 0,50 ^c	10,10 ± 0,18 ^{ef}	4,24 ± 0,10 ^{ab}	1,35 ± 0,01 ^{de}
Santo Antônio de Goiás	BRS Embaixador	48,91 ± 0,55 ^{ab}	18,91 ± 0,08 ^e	14,36 ± 0,58 ^{ef}	4,84 ± 0,23 ^a	8,21 ± 0,10 ^h	3,67 ± 0,09 ^f	1,10 ± 0,04 ^{de}
	BRS Pitanga	42,63 ± 0,91 ^d	20,27 ± 0,04 ^{cd}	19,35 ± 1,02 ^{ab}	4,27 ± 0,02 ^a	8,60 ± 0,16 ^{gh}	3,74 ± 0,09 ^{ef}	1,15 ± 0,12 ^{de}
	BRS Estilo	50,66 ± 1,19 ^a	17,72 ± 0,33 ^f	15,58 ± 1,21 ^{de}	0,51 ± 0,02 ^d	10,53 ± 0,14 ^{de}	3,44 ± 0,08 ^g	1,56 ± 0,07 ^a
Ponta Grossa	Pérola	46,04 ± 0,35 ^c	19,91 ± 0,54 ^{de}	17,26 ± 0,36 ^{bcd}	2,15 ± 0,64 ^c	9,65 ± 0,13 ^f	3,76 ± 0,01 ^{def}	1,23 ± 0,04 ^{cd}
	BRS Campeiro	46,30 ± 0,30 ^{bc}	19,46 ± 0,15 ^{de}	16,89 ± 0,38 ^{cd}	2,62 ± 0,14 ^{bc}	9,62 ± 0,19 ^f	3,91 ± 0,01 ^{cde}	1,20 ± 0,02 ^{cd}
	BRS Esplendor	43,89 ± 0,60 ^{cd}	19,92 ± 0,24 ^{de}	18,44 ± 0,25 ^{abc}	3,61 ± 0,60 ^{ab}	8,78 ± 0,09 ^g	4,10 ± 0,04 ^{bc}	1,25 ± 0,03 ^{bcd}

* Valores seguidos de letras iguais, na mesma coluna, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Adicionalmente ao valor de proteínas, o consumo de feijão como fonte de fibra produz uma maior saciedade, maior sensação de plenitude intestinal, e níveis elevados de colecistocinina, relacionada com reduções dos níveis de glicose plasmática e insulina em pacientes diabéticos (BOURDON, 2001). Estudos indicam inúmeros benefícios à saúde associados a um aumento da ingestão de fibra alimentar, incluindo redução do risco de doença coronariana, diabetes, obesidade e alguns tipos de câncer (BORDERÍAS; SÁNCHEZ-ALONSO; PÉREZ-MATEOS, 2005).

O conteúdo de fibras insolúveis, responsáveis por diminuir o tempo de trânsito intestinal, aumentar o peso das fezes, tornar mais lenta a absorção da glicose e retardar a digestão do amido, variou de 11,41 a 20,75 %. Não houve diferenças significativas entre os teores de fibras insolúveis para as cultivares do grupo carioca procedentes de Ponta Grossa e de Santo Antônio de Goiás. Já as fibras solúveis, responsáveis pelo aumento da viscosidade do conteúdo gastrointestinal, retardando o esvaziamento e a difusão de nutrientes, os valores variaram entre < 0,5 e 4,84 %. As cultivares BRS Embaixador e BRS Pitanga provenientes de Santo Antônio de Goiás tiveram os maiores conteúdos de fibras solúveis. A cultivar BRS Esplendor de Ponta Grossa apresentou maior valor de fibras insolúveis, comparativamente a todas as amostras.

Para os teores de umidade, cinzas e lipídeos, os valores estiveram próximos aos encontrados por Ramírez-Cárdenas, Leonel e Costa (2008), que estudaram cinco cultivares de feijão (Ouro Branco, Diamante Negro, BRS Radiante, Pérola e Talismã), e os resultados variaram de 10,69 a 15,38%, 3,36 a 4,22% e 1,27 a 1,94%, respectivamente.

Batista, Prudêncio e Fernandes (2011) analisaram a substituição da farinha de trigo por farinha de feijão preto em pães. Verificaram que a inclusão de farinha de feijão na formulação de pães contribuiu para o aumento do conteúdo de proteínas e fibras. O pão com a farinha de feijão preto apresentou uma coloração escura, com aparência similar aos que contêm farinha de trigo integral.

As diferenças encontradas entre as cultivares de grupos diferentes e do mesmo grupo e de outros trabalhos publicados deixa claro que os valores da composição nutricional podem variar de acordo com o local de plantio, fatores ambientais e a cultivar. Adicionalmente, avaliação das propriedades tecnológicas das cultivares podem responder a diferentes comportamentos na aplicação de feijões de diferentes origens.

Embora os valores encontrados tenham sido expressos em base peso seco, o consumo do feijão ocorre mediante a hidratação e cozimento. Para a elaboração de produtos, tais como extratos hidrossolúveis, pães e elaboração de bebidas, a hidratação dos feijões também é necessária. O teor elevado de proteína encontrado nos feijões suporta a elaboração de extratos com valores de proteína compatíveis com a solubilidade e demais propriedades dessas proteínas, o que deve ser estudado.

2.3.2 Fatores antinutricionais

Os fatores antinutricionais limitam a qualidade nutricional no feijão, uma vez que reduzem a atividade de algumas enzimas, a ação biológica de certos compostos químicos e a absorção de metabólitos. No entanto, o ácido fítico e os compostos fenólicos, quando em baixas concentrações, apresentam também efeitos positivos sobre a saúde como ação protetora ao câncer e a prevenção de doenças cardiovasculares (MARTINEZ-DOMINGUEZ; IBAÑEZ; RINCÓN, 2002). Na Tabela 2 é apresentado o conteúdo de antinutricionais presentes nas diferentes cultivares de feijão.

O conteúdo de ácido fítico variou de 7,17 a 10,41 mg/g e não apresentou diferenças significativas para as cultivares provenientes da cidade de Ponta Grossa. Observam-se valores elevados de ácido fítico para as cultivares provenientes de Santo Antônio de Goiás, com exceção da BRS Embaixador, que não diferiu estatisticamente das cultivares de Ponta Grossa.

Deshpande et al. (1982) encontraram valores para o ácido fítico superiores aos apresentados na Tabela 2. Para dez cultivares estudadas, o teor de ácido fítico variou de 11,6 a 29,3 mg/g quando os grãos eram analisados inteiros. Para os grãos sem casca, o teor variou de 16,3 a 36,1 mg/g, mostrando que o conteúdo de ácido fítico concentra-se no cotilédone.

Tabela 2 - Conteúdo de ácido fítico, taninos, inibidor da α -amilase e inibidor de tripsina nas diferentes cultivares de feijão provenientes de Ponta Grossa – PR e Santo Antônio de Goiás – GO.

Grupo de cor	Cultivar	Ácido fítico (mg/g)	Taninos (mg catequina/g)	Inibidor da α -amilase (UIA/g)	Inibidor de tripsina (UIT/g)
Vermelho	BRS Embaixador	7,67 \pm 0,25 ^{de}	25,77 \pm 1,98 ^e	110,64 \pm 4,45 ^e	1247,67 \pm 37,08 ^a
	BRS Pitanga	7,97 \pm 0,36 ^{de}	31,11 \pm 2,00 ^{cd}	144,81 \pm 4,42 ^d	555,06 \pm 28,22 ^e
Ponta Grossa	BRS Estilo	7,41 \pm 0,53 ^{de}	36,22 \pm 1,81 ^b	85,91 \pm 2,90 ^{fg}	865,10 \pm 18,52 ^c
	Pérola	7,17 \pm 0,56 ^e	30,55 \pm 1,59 ^{cde}	121,06 \pm 4,47 ^e	973,68 \pm 8,00 ^b
Preto	BRS Campeiro	7,33 \pm 0,07 ^{de}	15,07 \pm 0,45 ^{fg}	153,74 \pm 2,92 ^d	465,19 \pm 23,41 ^{fg}
	BRS Esplendor	8,20 \pm 0,59 ^{cde}	18,07 \pm 0,90 ^f	92,83 \pm 1,44 ^f	502,18 \pm 6,35 ^{efg}
Vermelho	BRS Embaixador	8,36 \pm 0,24 ^{bcd}	28,43 \pm 0,44 ^{de}	170,13 \pm 1,41 ^c	392,56 \pm 18,73 ^{hi}
	BRS Pitanga	9,81 \pm 0,11 ^a	45,52 \pm 2,65 ^a	213,92 \pm 5,91 ^b	487,33 \pm 27,28 ^{fg}
Santo Antônio de Goiás	BRS Estilo	9,42 \pm 0,33 ^{ab}	38,86 \pm 3,15 ^b	231,06 \pm 8,70 ^a	327,04 \pm 5,54 ⁱ
	Pérola	9,73 \pm 0,27 ^a	34,68 \pm 0,45 ^{bc}	60,79 \pm 4,31 ^h	436,49 \pm 0,00 ^{gh}
Preto	BRS Campeiro	9,28 \pm 0,68 ^{abc}	15,12 \pm 0,00 ^{fg}	75,60 \pm 8,32 ^g	686,58 \pm 27,46 ^d
	BRS Esplendor	10,41 \pm 0,10 ^a	10,39 \pm 0,77 ^g	122,88 \pm 1,42 ^e	510,95 \pm 32,61 ^{ef}

* Valores seguidos de letras iguais, na mesma coluna, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em leguminosas e cereais, os taninos têm recebido considerável atenção devido a sua influência na cor, sabor e qualidade nutricional (SILVA; SILVA, 1999). A tendência dos taninos em formar complexos com proteínas resulta na baixa digestibilidade das proteínas de leguminosas, inibição do crescimento e aumento da excreção de nitrogênio total em animais (DESHPANDE; CHERYAN; SALUNKHE, 1986). O teor de taninos condensados nas cultivares estudadas variou de 10,39 a 45,52 mg de catequina/g. É possível observar, que para um mesmo grupo de cor, apenas o grupo preto, tanto para as cultivares provenientes de Ponta Grossa e Santo Antônio de Goiás, não houve diferenças significativas. A cultivar BRS Pitanga procedente de Santo Antônio de Goiás foi a que apresentou o maior conteúdo de taninos.

Helbig (2000) encontrou valores próximos (13,78 e 18,75 mg/g) para taninos – porém inferiores se comparadas a algumas cultivares - quando trabalhou com dois lotes da cultivar IAC-Carioca. No entanto, quando comparado com as cultivares do grupo carioca estudadas neste trabalho, observa-se que BRS Estilo e Pérola possuem teores de taninos mais elevados. O autor também verificou que o processo de cozimento, com ou sem a água de maceração, promoveu acentuada redução dos mesmos.

Os inibidores de enzimas digestivas estão presentes em leguminosas em proporções que variam com a origem botânica. Dentre os mais conhecidos estão os inibidores de tripsina e da enzima α -amilase.

O teor de inibidor da α -amilase variou de 60,79 a 231,06 UIA.g⁻¹, sendo que os menores e os maiores valores foram observados nas cultivares provenientes de Santo Antônio de Goiás. Já o teor de inibidor de tripsina variou de 327,04 a 1247,67 UIT.g⁻¹, e observa-se que as cultivares procedentes de Ponta Grossa possuem valores mais elevados quando comparados às cultivares de Santo Antônio de Goiás.

Batista, Prudêncio e Fernandes (2010), estudando o processo de extrusão em feijões com o defeito “hard-to-cook”, encontraram valores para o teor de inibidor da α -amilase de 18,16 e 16,08 UIA/100 mg (181,6 e 160,8 UIA.g⁻¹), e valores mais elevados para o inibidor de tripsina, 4,64 e 4,61 UIT.mg⁻¹ (4640 e 4610 UIT.g⁻¹) para os feijões BRS Pontal (carioca) e BRS Grafite (preto). Quando as farinhas foram submetidas ao processo de extrusão, o inibidor da α -amilase foi completamente inativado, e o inibidor de tripsina reduziu sua atividade, obtendo valores de 1,36 e 1,41 UIT.mg⁻¹ (1360 e 1410 UIT.g⁻¹), sendo

que estes valores dos extrusados ficaram mais próximos a cultivar BRS Embaixador procedente de Ponta Grossa.

Comparando os teores dos fatores antinutricionais das cultivares de feijão com outras leguminosas, é possível observar que para o grão-de-bico, os teores de ácido fítico ($1,21 \text{ mg.g}^{-1}$) e taninos ($4,85 \text{ mg.g}^{-1}$) foram inferiores, porém o teor do inibidor de tripsina ($11,9 \text{ UIT.mg}^{-1}$) foi muito superior ao que foi encontrado para as seis cultivares de feijão procedentes das duas localidades (ALAJAJI; EL-ADAWY, 2006). Para a ervilha, os teores de ácido fítico ($0,815 \text{ g/100 g}$), taninos ($30,93 \text{ mg.g}^{-1}$) e inibidor de tripsina ($1297,22 \text{ UIT.g}^{-1}$) foram similares ao encontrado para as cultivares de feijão, com exceção do inibidor de tripsina, que teve resultado próximo somente com a cultivar BRS Embaixador procedente de Ponta Grossa (KHATTAB; ARNTFIELD, 2009).

As diferenças encontradas para os fatores antinutricionais entre cultivares de mesmo grupo de cor e de cultivares iguais de procedências diferentes podem ser explicadas às diferenças do local de plantio, clima da região de cultivo e outros fatores ambientais e às diferenças entre cultivares.

2.4 CONCLUSÃO

O estudo das propriedades nutricionais e de antinutricionais das seis cultivares de feijão de diferentes cores e cultivadas em dois locais mostrou que existem diferenças, mesmo se tratando das mesmas cultivares, de diferentes localidades. Essas diferenças podem ser devido à variabilidade genética e fatores ambientais. No entanto, apesar das diferenças encontradas, observou-se um alto conteúdo proteico e de fibras no feijão, e dessa forma a farinha poderia ser utilizada como suplementação à farinha de trigo, aumentando a qualidade nutricional do alimento.

O maior conteúdo proteico foi observado para a cultivar BRS Pitanga, já para o teor de fibras insolúveis teve destaque a cultivar BRS Esplendor, ambas provenientes de Ponta Grossa. Todas as cultivares apresentaram um baixo conteúdo de lipídeos, o que sugere a possibilidade de se desenvolver um produto à base de feijão rico em proteínas e fibras e com baixo teor de gordura.

As cultivares procedentes de Santo Antônio de Goiás tiveram um conteúdo de ácido fítico superior quando comparadas às cultivares

de Ponta Grossa. O local de origem e fatores climáticos podem ter influenciado nos teores deste antinutricional. Para os teores de taninos, inibidor da α -amilase e inibidor de tripsina, as cultivares que possuíram as maiores quantidades foram BRS Pitanga, BRS Estilo – ambas de Ponta Grossa – e BRS Embaixador de Santo Antônio de Goiás, respectivamente.

Conhecer as tecnologias utilizadas para reduzir os fatores antinutricionais, sem alterar a composição nutricional e as propriedades tecnológicas dos feijões é indispensável para se ter controle de qualidade da matéria prima para novos produtos a partir desta leguminosa.

REFERÊNCIAS

ALAJAJI, S. A.; EL-ADAWY, T. A. Nutritional composition of chickpea (*Cicer arietinum* L.) as affected by microwave cooking and other traditional cooking methods. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 19, p. 806-812, 2006.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official Methods of Analysis of the AOAC**. 18 ed. Gaithersburg: AOAC International, 2005.

BATISTA, K. A.; PRUDÊNCIO, S. H.; FERNANDES, K. F. Changes in the functional properties and antinutritional factors of extruded hard-to-cook common beans. **Journal of Food Science**, v. 75, n. 3, p. 286-290, 2010.

BATISTA, K. A.; PRUDÊNCIO, S. H.; FERNANDES, K. F. Wheat Bread enrichment with hard-to-cook bean extruded flours: nutritional and acceptance evaluation. **Journal of Food Science**, v. 76, n. 1, p. 108-113, 2011.

BORDERÍAS, A. J.; SÁNCHEZ-ALONSO, I.; PÉREZ-MATEOS, M. New applications of fibres in foods: Addition to fishery products. **Trends in Food Science and Technology**, v. 16, p. 458-465, 2005.

BOURDON, I.; OLSON, B.; BACKUS, R.; RICHTER, B. D.; DAVIS, P. A.; SCHNEEMAN, B. O. Beans as a source of dietary fiber, increase cholecystokinin and apolipoprotein B48 response to test meals in men. **The Journal of Nutrition**, v. 13, p. 1485-1490, 2001.

CARNEIRO et al. **BRS Campeiro**: Nova cultivar de feijoeiro comum de grão preto, indicador para o sul do Brasil. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Goiás, 2003. 4 p. (Embrapa Goiás. Comunicado Técnico, 62).

CARNEIRO, J. C. S.; MINIM, V. P. R.; SOUZA JR., M. M.; CARNEIRO, J. E. S.; ARAÚJO, G. A. A. Perfil sensorial e aceitabilidade de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 1, p. 18-24, 2005.

COSTA et al. **BRS Esplendor**: cultivar de feijoeiro comum de grão tipo comercial preto, com arquitetura de planta ereta, alto potencial produtivo e tolerância a doenças. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Goiás, 2009. 4 p. (Embrapa Goiás. Comunicado Técnico, 185).

COSTA, G. E. A.; QUEIROZ-MONICI, K. S.; REIS, S. M. P. M.; OLIVEIRA, A. C. Chemical composition, dietary fibre and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and lentil legumes. **Food Chemistry**, v. 94, n. 3, p. 327-330, 2006.

DEL PELOSO et al. **BRS Embaixador**: Feijão Comum para o mercado internacional com grão vermelho escuro grande – tipo DRK. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Goiás, 2008. 2 p. (Embrapa Goiás. Comunicado Técnico, 156).

DEL PINO, V. M. H.; LAJOLO, M. F. Efecto inhibitorio de los taninos del frijol carioca (*Phaseolus vulgaris* L.) sobre la digestibilidad de la faseolina por dos sistemas multienzimáticos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, p. 49-53, 2003.

DESHPANDE, S. S.; CHERYAN, M; SALUNKHE, D. K. Tannin analysis of food products. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 24, n. 4, p. 401-449, 1986.

DESHPANDE, S. S.; SATHE, S. K.; SALUNKHE, D. K.; COMFORT, D. P. Effects of dehulling on phytic acid, polyphenols, and enzyme inhibitors of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Food Science**, v. 47, p. 1846–50, 1982.

EMBRAPA (2010). Agência de Informação Embrapa: Feijão. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br>> Acesso em 16 Maio 2011.

HELBIG, E. **Ação da maceração prévia ao cozimento do feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) nos teores de fitatos e taninos e consequências sobre o valor proteico.** 2000. 84 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Nutrição) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

IBGE. Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009: **Análise do Consumo Alimentar Pessoal no Brasil.** Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2011.

KAKADE, M.L., RACKIS, J.L., MCGHEE, J.E., PUSKI, G. Determination of trypsin inhibitor activity of soy bean products: a collaborative analysis of an improved procedure. **Cereal Chemistry**, v. 51, 376–382, 1974.

KHATTAB, R. Y.; ARNTFIELD, S. D. Nutritional quality of legume seeds as affected by some physical treatments 2. Antinutritional factors. **LWT Food Science and Technology**, v. 42, p. 1113-1118, 2009.

LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I.; MENEZES, E. W. Qualidade nutricional. In: ARAÚJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. de O. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil.** Piracicaba: POTAFOS, 1996.

MARTINEZ-DOMINGUEZ, B.; IBAÑEZ, M. B.; RINCÓN, F. Acido fítico: aspectos nutricionales e implicaciones analíticas. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 52, n. 3, p. 219-231, 2002.

MELO et al. **BRS Estilo:** cultivar de grão tipo comercial carioca, com arquitetura de planta ereta associada com alto potencial produtivo. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Goiás, 2009. 4 p. (Embrapa Goiás. Comunicado Técnico, 186).

PEREIRA, C. A. S.; COSTA, N. M. B. Proteínas do feijão preto sem casca: digestibilidade em animais convencionais e insetos de germes (germ free). **Revista de Nutrição**, v. 15, n. 1, p. 05-14, 2002.

PRICE, M. L.; SCOYOC, S. V.; BUTLER, L. G. A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 26, n. 5, p. 1214-1218, 1978.

PUJOLÀ, M.; FARRERAS, A.; CASAÑAS, F. Protein and starch content of raw, soaked and cooked beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Food Chemistry**, v. 102, p. 1034-1041, 2007.

RAMÍREZ-CÁRDENAS, L.; LEONEL, A. J.; COSTA, N. M. B. Efeito do processamento doméstico sobre o teor de nutrientes e de fatores antinutricionais de diferentes cultivares de feijão comum. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 1, p. 200-213, 2008.

RAVA et al. **BRS Pitanga**: Nova Cultivar de Feijoeiro Comum do Grupo Comercial Roxinho. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Goiás, 2004. 2 p. (Embrapa Goiás. Comunicado Técnico, 94).

RIOS, A. 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 de Alimentos**, v. 23 (Supl), p. 39-45, 2003.

SAHA, S., SINGH, G., MAHAJAN, V., GUPTA, H. S. Variability of nutritional and cooking quality in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) as a function of genotype. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 64, n. 2, p. 174-180, 2009.

SILVA, M. R.; SILVA, M. A. A. P. Aspectos nutricionais de fitatos e taninos. **Revista de Nutrição**, v. 12, n. 1, p. 5-19, 1999.

CAPÍTULO 3 – PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DE DIFERENTES CULTIVARES DE FEIJÃO COMUM

3.1 INTRODUÇÃO

O feijão é a leguminosa alimentar mais importante para o consumo direto no mundo. Entre as principais culturas alimentares, tem um dos mais altos níveis de variação de hábito de crescimento, sementes características (tamanho, forma, cor), maturidade e de adaptação (JONES, 1999).

Segundo dados da FAO (2010), os cinco principais países produtores são: Índia, Brasil, Myanmar, Estados Unidos e China, que juntos representam mais de 65 % da produção mundial. O feijão é produzido em uma variedade de sistemas de cultivos e ambientes, em diversas regiões como América Latina, África, Oriente Médio, China, Europa, Estados Unidos e Canadá (JONES, 1999). O grão apresenta elevado conteúdo proteico, carboidratos complexos, fibra alimentar, minerais e vitaminas do complexo B, sendo consumido mundialmente (LAJOLO; GENOVESE; MENEZES, 1996).

Por serem ricas em lisina, as proteínas do feijão complementam as proteínas dos cereais, como arroz ou milho, que são deficientes neste aminoácido (FERREIRA; DEL PELOSO; FARIA, 2002). No Brasil, a principal fonte proteica da alimentação é derivada da ingestão de arroz e feijão. Esta mistura supre os aminoácidos essenciais e tem digestibilidade ao redor de 80 % (PIRES et al., 2006). Apesar deste apelo nutricional, segundo dados do IBGE (2011), o consumo *per capita* domiciliar do arroz e feijão diminuiu no Brasil, sendo mais consumido na zona rural do que na zona urbana, e também o consumo é maior nas classes de renda mais baixas. As possíveis causas desta queda no consumo estão relacionadas com a substituição por fontes de proteína de origem animal, com o êxodo rural, com as mudanças de hábitos alimentares devido ao advento do *fast food*, com as fortes flutuações de oferta e preços e com a demanda de tempo para o preparo do produto.

Mesmo com a redução no consumo, o arroz e feijão continuam presentes em pratos tradicionais em todo o mundo, porém não existem alternativas mais adequadas às exigências do consumidor que agreguem valor ao grão processado, oferecendo assim, maior praticidade de consumo e produtos semiprontos. Apesar da existência de estudos sobre o emprego de feijões em pães, massas e em outros produtos (BATISTA;

PRUDÊNCIO; FERNANDES, 2011; DZUDIE; SCHER; HARDY, 2002; GALLEGOS-INFANTE et al., 2010; ANTON; FULCHER; ARNTFIELD, 2009), são escassos os trabalhos que relaciona as diferentes aplicações tradicionais ou mesmo produtos a base de feijão com as características da matéria prima. Isto seria fundamental para o desenvolvimento de novos produtos, colocando o feijão na posição de destaque proporcional à sua importante composição nutricional.

Estudos mais aprofundados sobre as diferentes cultivares de feijões poderão servir como base para o desenvolvimento de produtos diferenciados, uma vez que a indústria necessita destas informações tanto para a tomada de decisões sobre a cultivar a ser processada, quanto para o controle de qualidade e do processamento industrial.

A conversão do feijão da atual condição de alimento tradicional para produtos condizentes com a realidade de vida moderna requer uma profunda caracterização das propriedades tecnológicas, oportunizando o seu uso em novos produtos. A proposta deste trabalho foi a de investigar as propriedades de diferentes cultivares de feijão para os grupos vermelho, carioca e preto com relação às suas características tecnológicas, visando reunir informações para futuros trabalhos em desenvolvimento de novos produtos, bem como ajuste nos processos produtivos.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Material

As matérias primas e o material são os mesmos apresentados no capítulo 2, item 2.2.1.

3.2.2 Métodos

3.2.2.1 Obtenção da farinha de feijão

A farinha dos grãos de feijão foi obtida conforme descrito no capítulo 2, item 2.2.2.1.

3.2.2.2 Peso de 100 grãos

A análise de peso de cem grãos foi realizada com a contagem de cem grãos de feijão, que a seguir foram pesados em balança semi-analítica (BRASIL, 2009).

3.2.2.3 pH

O pH dos feijões estudados foi medido usando o método de Reyes-Bastidas et al. (2010). Cada amostra de feijão seco a 45 °C e moído (2,5 g) foi suspensa em 25 mL de água destilada em ebulição. Após o resfriamento, as amostras foram centrifugadas (Hermle Z200A, Labortechnik[®], Wehingen, Alemanha) a 300 x g por 25 minutos e o pH determinado no líquido sobrenadante, utilizando um potenciômetro (Q400A, Quimis[®], Diadema, Brasil) previamente calibrado.

3.2.2.4 Capacidade de retenção de óleo da farinha

A capacidade de retenção de óleo (CRO) da farinha de feijão foi avaliada segundo metodologia proposta por Lin, Humbert e Sosulski (1974), com modificações. Em tubo Falcon previamente pesado, 0,5 g de farinha de feijão foi adicionada em 3 mL de óleo de milho de cozinha. O conteúdo foi agitado por 1 minuto e deixado em repouso por 30 minutos. Após este período, foi centrifugado a 2000 x g (Hermle Z200A, Labortechnik[®]) por 25 min e o óleo livre foi descartado. O tubo com o resíduo foi pesado e o óleo retido após a centrifugação foi considerado e expresso em porcentagem.

3.2.2.5 Capacidade de absorção de água da farinha

A capacidade de absorção de água (CAA) da farinha de feijão foi determinada segundo o método de Glória e Regitano-D'arce (2000), em que 5 mL de água destilada e 1 g de amostra foram adicionados em um tubo de centrífuga, previamente pesado. A dispersão foi agitada por 1 minuto em Vortex (Biomixer[®]) e deixada em repouso por 30 minutos. Em seguida, foi centrifugada (Hermle Z200A, Labortechnik[®]) a 1000 x g por 30 minutos. O sobrenadante foi descartado e o tubo com o resíduo foi pesado. A água retida após a centrifugação foi considerada como água absorvida e expressa em porcentagem.

3.2.2.6 Propriedades espumantes

As propriedades espumantes foram avaliadas segundo Siddiq et al. (2010) com modificações. Uma porção (0,5 g) de farinha de feijão foi dispersa em 50 mL de solução tampão de McIlvaine (fosfato dissódico – ácido cítrico), sendo utilizados os pHs 2,5; 5,6 e 8,0. A dispersão foi agitada vigorosamente em liquidificador (Walita[®]) por cinco minutos e

posteriormente foi transferida para uma proveta de 50 mL. O volume da espuma formada foi registrado como capacidade de espumar (mL/100 mL). Observações após 30 minutos foram realizadas para se determinar a estabilidade da espuma. A estabilidade da espuma foi determinada seguindo a Equação 1.

$$\text{Estabilidade da espuma} = \frac{\text{Volume da espuma após 30 minutos}}{\text{Volume da espuma no tempo zero}} \quad (\text{Equação 1})$$

3.2.2.7 Propriedades emulsificantes

As propriedades emulsificantes foram determinadas segundo Kaur e Singh (2005). Amostras de farinha (0,35 g) foram homogeneizadas por 30 s com 5 mL de água em Vortex (Biomixer®). Óleo de milho de cozinha (2,5 mL) foi adicionado e a mistura foi homogeneizada novamente por mais 30 s. Em seguida, outros 2,5 mL de óleo de milho foram adicionados e a mistura foi homogeneizada por mais 90 s. A mistura foi então centrifugada a 500 x g por cinco minutos. A atividade emulsificante foi calculada dividindo o volume da camada emulsificada pelo volume total antes da centrifugação. A estabilidade da emulsão foi determinada seguindo o mesmo procedimento para se determinar a atividade emulsificante. No entanto, antes de centrifugar as amostras, elas foram submetidas a um tratamento térmico de 85 °C por 15 min e centrifugadas após o resfriamento. A estabilidade da emulsão foi expressa como a porcentagem da atividade emulsificante restante após o aquecimento.

3.2.2.8 Coloração dos grãos

As análises de cor foram realizadas com a utilização de um colorímetro Minolta Chroma Meters (CR-400, Minolta®), sendo realizada cinco leituras por repetição. Foi utilizada a escala de cor CIE L* a* b* (CIELAB). O espaço de cores desse sistema é organizado em coordenadas cartesianas, onde L* indica luminosidade (100 para branco e 0 para preto), o eixo a* representa uma escala do verde (-a*) ao vermelho (+a*), e o eixo b* uma escala do azul (-b*) ao amarelo (+b*), sendo que os eixos a* e b* não possuem limites numéricos (HUNTERLAB, 2008).

3.2.3 Estatística

Todas as análises foram conduzidas em três repetições e os dados expressos como média \pm desvio padrão (DP). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), ao nível de 5 % de significância, seguido pelo teste de Tukey, para comparação das médias.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Peso de 100 grãos, pH, capacidade de absorção de água e capacidade de retenção de óleo da farinha

Os dados dos parâmetros físicos das cultivares são apresentados na Tabela 1. O peso de 100 grãos variou entre 19,99 e 53,20 g, com resultado similar ao encontrado por Martín-Cabrejas et al. (1997), que estudaram o efeito do armazenamento prolongado nas características físico-químicas de cinco diferentes cultivares de feijão. Esses autores observaram variações de peso entre 20 e 50 g quando os feijões estavam frescos e, após o armazenamento prolongado, o peso de 100 grãos variou de 31,2 e 46,4 g, mostrando que três, das cinco cultivares estudadas, tiveram uma redução no peso após o armazenamento. Ainda é possível destacar que cultivares pertencentes ao mesmo grupo de cor apresentaram pesos com diferenças significativas entre si.

O peso de 100 grãos para a cultivar BRS Embaixador, tanto proveniente de Ponta Grossa quanto de Santo Antônio de Goiás, apresentou valor significativamente superior às demais cultivares. Isto demonstra tratar-se de grãos graúdos, o que caracteriza fisicamente esta cultivar. As cultivares de Ponta Grossa ainda são significativamente menores do que as de Santo Antônio de Goiás. No geral, o perfil de tamanho se manteve similar para as cultivares em diferentes locais.

O pH das farinhas de feijão exibiu valores próximos ao neutro para todas as cultivares, variando de 6,31 a 6,49. BRS Embaixador e BRS Estilo provenientes de Ponta Grossa e BRS Embaixador, BRS Estilo e Pérola, provenientes de Santo Antônio de Goiás apresentaram pH maiores quando comparadas às outras cultivares. Esses resultados estiveram próximos ao encontrado por Reyes-Bastidas et al. (2010), onde o pH da cultivar estudada foi de 6,42, e de 6,34 para a farinha de feijão fermentada. Já Martín-Cabrejas et al. (2004), estudando diferentes tipos de fermentação da farinha de feijão do tipo Carilla, encontraram um pH de 6,22 para a farinha crua, e pHs mais baixos para a farinha

fermentada. A fermentação é uma técnica simples para conseguir alterações desejadas na composição de leguminosas e melhorar a palatabilidade, sendo utilizada em todo o mundo, em especial em países em desenvolvimento (MBITHI-MWIKYA et al., 2000).

A variação do pH de feijões armazenados por longos períodos foi estudada por Martín-Cabrejas et al. (1997). Os autores observaram que todas as cultivares apresentaram uma diminuição do pH durante o armazenamento prolongado. O pH inicial, que variou de 6,30 a 6,42 para as cinco cultivares estudadas, após o armazenamento variou de 5,85 a 6,16, indicando que o pH pode ser um indicador conveniente de grãos com defeito “hard-to-cook” induzido por armazenamento em condições adversas.

A capacidade de absorção de água das farinhas (CAA) de feijão variou de 123,36 a 226,71 %. Todas as cultivares provenientes de Santo Antônio de Goiás apresentaram CAA superior ($p < 0,05$) quando comparadas às cultivares de Ponta Grossa. Esse fato pode estar relacionado ao período de armazenamento, já que os feijões de Ponta Grossa, colhidos meses antes, foram armazenados por mais tempo, o que pode ter ocasionado o endurecimento dos grãos, incapacitando-os de absorver mais água.

A capacidade de absorção de água é importante para características de certos produtos, tais como a umidade, a retrogradação do amido e o subsequente endurecimento do produto (SATHE, 2002). Dzudie, Scher e Hardy (2002), avaliando o efeito da adição da farinha de feijão em salsichas de carne, observaram que, quanto maior era a adição da farinha de feijão às salsichas, maior era a capacidade que elas tinham de reter água quando comparadas ao controle. Além disso, houve aumento do rendimento das salsichas cozidas devido à diminuição da perda de sólidos pelo cozimento.

A CAA está relacionada com o tipo de proteína e carboidrato presente no feijão, bem como a forma dos componentes dos mesmos. No entanto, para o estabelecimento da capacidade de retenção de água a ser considerada em processos industriais, uma planilha por cultivar e origem deverá ser construída ao longo do tempo, envolvendo diferentes condições climáticas e de solo. Sendo assim, a capacidade de retenção de água e o peso de 100 grãos são dois parâmetros importantes tanto para o dimensionamento de equipamentos quanto para o controle de processos, onde o feijão venha a ser empregado como substrato para fermentações ou hidrólise enzimática.

Tabela 1 - Peso de 100 grãos, pH, capacidade de absorção de água (CAA) e capacidade de retenção de óleo (CRO) das diferentes cultivares de feijão provenientes de Ponta Grossa – PR e Santo Antônio de Goiás - GO.

Grupo de cor	Cultivar	Peso de 100 grãos (g) ± DP	pH ± DP	CAA (%) ± DP	CRO (%) ± DP
Vermelho	BRS Embaixador	46,00 ± 0,21 ^b	6,46 ± 0,00 ^{ab}	137,91 ± 1,97 ^{de}	98,24 ± 0,24 ^a
	BRS Pitanga	19,99 ± 0,03 ^h	6,32 ± 0,02 ^e	123,36 ± 4,45 ^f	96,77 ± 1,99 ^a
Ponta Grossa	BRS Estilo	26,47 ± 0,25 ^e	6,42 ± 0,02 ^{bc}	131,60 ± 1,04 ^e	86,38 ± 1,38 ^{de}
	Pérola	28,42 ± 0,25 ^d	6,31 ± 0,02 ^e	138,00 ± 0,90 ^{de}	95,42 ± 0,54 ^{abc}
Preto	BRS Campeiro	26,85 ± 0,22 ^e	6,32 ± 0,02 ^{de}	130,23 ± 4,29 ^{ef}	96,28 ± 3,77 ^{ab}
	BRS Esplendor	21,33 ± 0,07 ^{fg}	6,32 ± 0,02 ^e	137,42 ± 2,09 ^{de}	89,63 ± 1,95 ^{cde}
Vermelho	BRS Embaixador	53,20 ± 0,29 ^a	6,40 ± 0,02 ^{bc}	226,71 ± 2,76 ^a	84,72 ± 0,64 ^e
	BRS Pitanga	20,89 ± 0,12 ^g	6,32 ± 0,03 ^e	143,46 ± 2,98 ^{cd}	86,99 ± 1,57 ^{de}
Carioca	BRS Estilo	26,59 ± 0,17 ^e	6,49 ± 0,02 ^{ab}	145,83 ± 1,32 ^c	97,92 ± 0,75 ^a
	Pérola	29,73 ± 0,26 ^c	6,45 ± 0,03 ^{ab}	170,06 ± 3,86 ^b	90,86 ± 3,61 ^{bcd}
Preto	BRS Campeiro	26,60 ± 0,06 ^e	6,38 ± 0,02 ^{cd}	142,59 ± 0,92 ^{cd}	95,21 ± 1,24 ^{abc}
	BRS Esplendor	21,62 ± 0,08 ^f	6,31 ± 0,00 ^e	163,26 ± 1,50 ^b	89,70 ± 2,13 ^{cde}

* Valores seguidos de letras iguais, na mesma coluna, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A capacidade de retenção de óleo (CRO) das amostras variou de 84,72 a 98,24 %. Diferentemente do que ocorreu com a CAA, a CRO foi maior para as cultivares provenientes de Santo Antônio de Goiás, embora não haja diferenças estatísticas entre algumas cultivares pertencentes às duas localidades. A capacidade de absorção de óleo de farinhas é importante para o desenvolvimento de novos produtos fritos, bem como sua estabilidade durante o armazenamento (SATHE, 2002).

Siddiq et al. (2010) relataram que a CAA e a CRO da farinha de diferentes cultivares de feijão variaram de 223 a 265 % e 123 a 152 %, respectivamente. Os resultados encontrados por esses autores foram maiores do que os apresentados na Tabela 1. Esses valores podem variar de acordo com a cultivar e o local de plantio. No entanto, os valores encontrados por Sathe e Salunkhe (1982), estudando uma única cultivar, estiveram próximos aos das cultivares estudadas neste trabalho. Esses autores ainda observaram que o concentrado proteico registrou maior CAA e CRO quando comparado à farinha de feijão. Portanto, o tipo, a quantidade e a estrutura das proteínas presentes nos grãos interferem nessas propriedades físicas, o mesmo ocorrendo com o amido, celulose e os demais carboidratos.

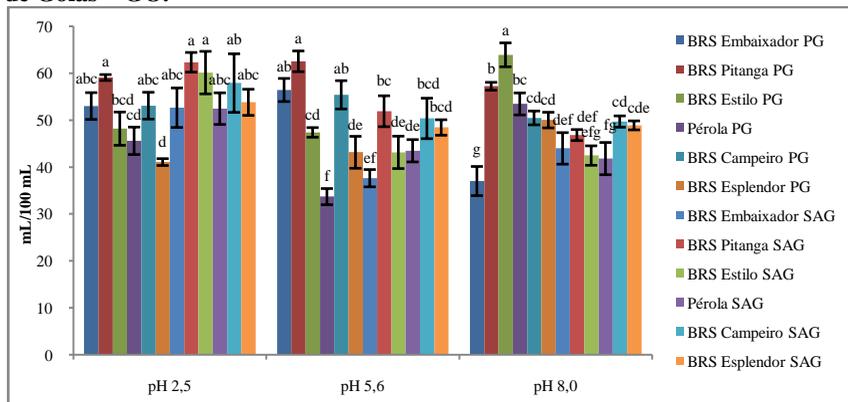
Como os grãos provenientes de Ponta Grossa foram colhidos no período da safra 2011, o armazenamento por cinco meses até a chegada dos grãos de Santo Antônio de Goiás para a realização das análises pode ter influenciado nos diferentes valores para peso de cem grãos, CAA e CRO da mesma cultivar.

3.3.2 Formação e estabilidade da espuma

A capacidade de formação de espuma das cultivares nos diferentes pHs é mostrada na Figura 1. Observa-se que houve maior formação de espuma para BRS Embaixador PG, BRS Pitanga PG e BRS Campeiro PG, quando o valor do pH esteve próximo ao valor do ponto isoelétrico de suas proteínas. Já para BRS Estilo PG, BRS Pérola PG e BRS Esplendor PG, a formação da espuma foi maior no pH 8,0. Para as cultivares provenientes de Santo Antônio de Goiás, a maior formação de espuma ocorreu no pH 2,5. No presente estudo, a capacidade de formação de espuma máxima foi no pH 8,0 para a cultivar BRS Estilo PG. Uma diminuição nas forças hidrofóbicas atrativas entre as moléculas de proteína ocorre nas regiões de pH na faixa ácido e alcalino, onde as moléculas de proteínas tornam-se positivamente e

negativamente carregadas, respectivamente. Segundo Chau e Cheung (1998), estas cargas de mesmo sinal levam a repulsão, o que facilita a flexibilidade das moléculas de proteína e, com isso, faz com que se difundam mais rapidamente para a interface ar-água para encapsular partículas de ar, levando a formação de espuma.

Figura 1 - Formação de espuma nos pHs 2,5; 5,6 e 8,0 para as diferentes cultivares de feijão provenientes de Ponta Grossa - PR e de Santo Antônio de Goiás – GO.



* Letras sobre as barras de erros iguais entre as amostras, nos diferentes pH, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 % de propabilidade.

**As letras que seguem os nomes das cultivares referem-se à procedência do grão.

PG – Ponta Grossa

SAG – Santo Antônio de Goiás

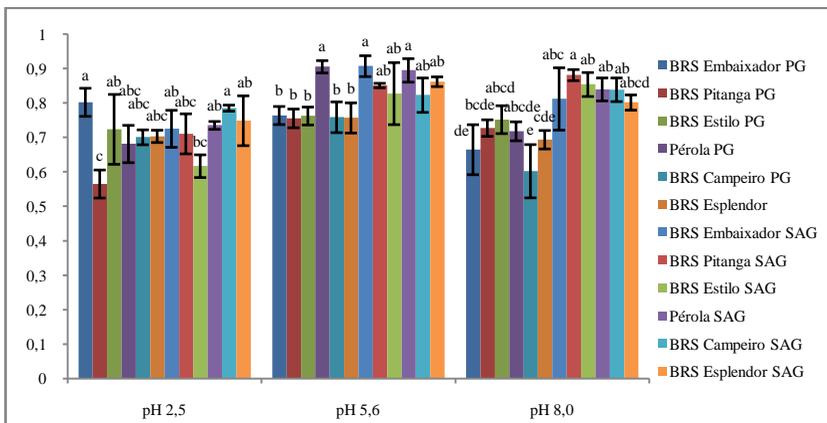
A estabilidade da espuma também é uma importante característica do produto. De modo geral, as espumas foram mais estáveis no pH 5,6, com exceção para o BRS Embaixador PG, BRS Esplendor PG e BRS Estilo SAG (Figura 2). Na região do ponto isoelétrico ou perto dela, a falta de interações repulsivas promove interações favoráveis de proteína-proteína e a formação de uma película viscosa na interface. Além disso, ocorre aumento de quantidade de proteína adsorvida à interface no pI devido a falta de repulsão entre a interface e as moléculas em adsorção. Esses dois fatores aumentam tanto a espumabilidade quanto a estabilidade da espuma (DAMODARAN, 2010).

Adebowale e Lawal (2003), estudando a capacidade de formação de espuma de concentrados proteicos de feijão mucana

(*Mucana pruriens*), encontraram um aumento de 35% na capacidade de formação de espuma no pH 4, enquanto que a capacidade máxima de formação de espuma de 134% foi no pH 10. Além disso, um aumento na capacidade de formação de espuma foi observada no pH 2. Após 8 horas, a estabilidade da espuma foi maior no pH 4 (próxima a região do ponto isoelétrico).

Diferentemente, Akintayo, Oshodi e Esuoso (1999) observaram maior formação de espuma nos pHs ácido e alcalino para o feijão guandu (*Cajanus cajan*), sendo menor na região isoelétrica (entre pH 4 e 6). A estabilidade da espuma também foi maior nos extremos de pH.

Figura 2 - Estabilidade da espuma nos pHs 2,5; 5,6; 8,0 para as diferentes cultivares de feijão provenientes de Ponta Grossa – PR e Santo Antônio de Goiás - GO.



* Letras sobre as barras de erros iguais entre as amostras, nos diferentes pH, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 % de propabilidade.

** As letras que seguem os nomes das cultivares referem-se à procedência do grão.

PG – Ponta Grossa

SAG – Santo Antônio de Goiás

A capacidade de formação de espuma e a sua estabilidade são parâmetros importantes tanto para o desenvolvimento de produtos quanto para a definição de processos para novos produtos do feijão. Trabalhos que relacionam as propriedades espumantes e emulsificantes com produtos elaborados a partir do feijão são escassos, sendo necessária maior atenção para estas propriedades, em especial no momento da adição de melhoradores de sabor ou mistura com polpas de

frutas ou demais ingredientes para tornar o produto mais atrativo aos consumidores.

3.3.3 Formação e estabilidade da emulsão

Considerando a composição química do feijão, principalmente pelo seu elevado teor proteico, propriedades emulsificantes podem ser estudadas, visando futuras aplicações que valorizam estas funcionalidades.

Os valores da capacidade emulsificante e da estabilidade são apresentados na Tabela 2. Os valores da capacidade emulsificante variaram entre 68,28 e 76,09 %. A cultivar BRS Campeiro foi a única cultivar que diferiu significativamente quanto à capacidade emulsificante quando comparada com a mesma cultivar de procedência diferente. Para a estabilidade da emulsão, apenas as cultivares BRS Embaixador e BRS Pitanga tiveram diferenças significativas quando se comparou o local de origem. Comparando as cultivares de acordo com o grupo de cor, os feijões do grupo vermelho, provenientes de Ponta Grossa, e os feijões do grupo preto provenientes de Santo Antônio de Goiás foram os únicos que diferiram significativamente quanto a estabilidade da emulsão.

Quanto à estabilidade da emulsão, foi verificado que as cultivares BRS Embaixador, Pérola e BRS Esplendor, provenientes de Santo Antônio de Goiás, são destaques para esta propriedade. Enquanto para as procedentes de Ponta Grossa, as cultivares Pérola, BRS Campeiro e BRS Esplendor foram mais estáveis.

Siddiq et al. (2010), avaliando as características físicas e funcionais de farinhas de feijão vermelho e preto, observaram valores de capacidade emulsificante de 45,6 a 60,5 % para as quatro cultivares estudadas. A estabilidade da emulsão para as mesmas cultivares variou de 48,2 a 62,3 %. Embora a estabilidade tenha tido valores maiores quando comparado à capacidade emulsificante, esses valores apresentam-se inferiores ao encontrados neste trabalho.

Tabela 2 - Valores da capacidade emulsificante e estabilidade de emulsão de diferentes cultivares de feijão provenientes de Ponta Grossa – PR e de Santo Antônio de Goiás - GO.

	Grupo de cor	Cultivar	Capacidade emulsificante (%) \pm DP	Estabilidade da emulsão (%) \pm DP
Ponta Grossa	Vermelho	BRS Embaixador	71,21 \pm 2,42 ^{bc}	68,87 \pm 2,44 ^d
		BRS Pitanga	68,28 \pm 1,24 ^c	69,61 \pm 3,01 ^d
	Carioca	BRS Estilo	71,74 \pm 1,90 ^{bc}	72,91 \pm 1,76 ^{cd}
		Pérola	72,92 \pm 2,10 ^{ab}	77,29 \pm 0,55 ^{bc}
	Preto	BRS Campeiro	71,24 \pm 1,14 ^{bc}	76,17 \pm 2,45 ^{bc}
		BRS Esplendor	72,63 \pm 0,58 ^{ab}	76,09 \pm 0,60 ^{bc}
Santo Antônio de Goiás	Vermelho	BRS Embaixador	69,85 \pm 1,40 ^{bc}	83,36 \pm 2,82 ^a
		BRS Pitanga	71,56 \pm 0,43 ^{bc}	77,48 \pm 1,81 ^{bc}
	Carioca	BRS Estilo	73,32 \pm 0,29 ^{ab}	73,04 \pm 1,70 ^{cd}
		Pérola	72,69 \pm 0,80 ^{ab}	80,07 \pm 0,82 ^{ab}
	Preto	BRS Campeiro	76,09 \pm 1,32 ^a	74,13 \pm 2,49 ^{cd}
		BRS Esplendor	72,91 \pm 1,98 ^{ab}	80,77 \pm 1,38 ^{ab}

* Valores seguidos de letras minúsculas iguais, na mesma coluna, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Sathe e Salunkhe (1982) sugeriram que a alta estabilidade de emulsão das farinhas de feijão era devido a natureza globular de suas proteínas. Resultados relatados nestes estudos demonstraram que não apenas a quantidade de proteína nativa no produto, mas provavelmente também a natureza da proteína envolvida influencia a estabilidade de formação de espuma da farinha.

São escassos os trabalhos que correlacionam a capacidade emulsificante do feijão com aplicações em produtos, sendo esta uma importante característica do grão que deve ser mais bem estudada, pois as leguminosas são importantes matérias primas para novos produtos isentos de proteínas de origem animal. A capacidade emulsificante e a estabilidade da emulsão podem indicar matérias primas para a elaboração de cremes vegetais, por exemplo, e no caso do feijão, com baixo teor de gordura.

3.3.4 Coloração do tegumento

Os valores dos parâmetros L^* , a^* e b^* das cultivares procedentes de Ponta Grossa e Santo Antônio de Goiás estão apresentados na Tabela 3. Foram observadas similaridades entre os valores de a^* das cultivares de mesmo grupo comercial e também das diferentes procedências, com exceção para o grupo de cor vermelho que, embora não tenha tido diferenças significativas entre o BRS Embaixador e BRS Pitanga da mesma procedência, teve diferenças entre essas cultivares provenientes de Ponta Grossa e Santo Antônio de Goiás. Com relação aos valores de b^* , observa-se que apenas as cultivares do grupo preto procedentes das duas cidades não tiveram diferenças significativas.

Tabela 3 - Valores de L^* , a^* e b^* de diferentes cultivares de feijão provenientes de Ponta Grossa – PR e Santo Antônio de Goiás - GO.

	Cultivar	$L^* \pm DP$	$a^* \pm DP$	$b^* \pm DP$
Ponta Grossa	BRS Embaixador	23,72 \pm 0,18 ^{ef}	17,99 \pm 3,20 ^b	4,92 \pm 1,30 ^d
	BRS Pitanga	33,61 \pm 1,19 ^d	18,92 \pm 1,40 ^b	14,89 \pm 1,63 ^c
	BRS Estilo	43,23 \pm 0,86 ^c	11,70 \pm 0,49 ^c	21,52 \pm 0,82 ^{ab}
	Pérola	40,28 \pm 0,46 ^c	12,77 \pm 2,33 ^c	23,09 \pm 1,78 ^a
	BRS Campeiro	15,85 \pm 0,59 ^g	0,18 \pm 0,07 ^d	0,89 \pm 0,76 ^e
	BRS Esplendor	11,14 \pm 1,01 ^h	0,16 \pm 0,02 ^d	0,20 \pm 0,15 ^e
Santo Antônio de Goiás	BRS Embaixador	22,55 \pm 1,22 ^f	24,22 \pm 1,13 ^a	7,39 \pm 0,84 ^d
	BRS Pitanga	26,48 \pm 0,87 ^{ef}	27,27 \pm 0,41 ^a	6,23 \pm 0,42 ^d
	BRS Estilo	57,44 \pm 2,32 ^a	10,45 \pm 1,23 ^c	19,4 \pm 0,68 ^b
	Pérola	49,37 \pm 0,70 ^b	10,06 \pm 0,84 ^c	19,43 \pm 0,44 ^b
	BRS Campeiro	24,22 \pm 1,02 ^{ef}	0,57 \pm 0,08 ^d	0,79 \pm 0,78 ^e
	BRS Esplendor	11,51 \pm 0,45 ^h	0,19 \pm 0,40 ^d	0,53 \pm 0,20 ^e

* Valores seguidos de letras minúsculas iguais, na mesma coluna, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As cultivares BRS Estilo e Pérola provenientes de Ponta Grossa apresentaram valores de L^* menores quando comparados às mesmas

cultivares procedentes de Santo Antônio de Goiás. De fato, essas cultivares visivelmente apresentavam tegumento mais escuro. O escurecimento do tegumento pode estar relacionado ao maior período de armazenamento que as cultivares de Ponta Grossa tiveram. Além disso, pode estar relacionado às interações do ambiente no local de plantio. Segundo Bragantini (2005), o escurecimento dos grãos de feijão, principalmente nos tipos de cor clara como o carioca, é um fator irreversível e influi grandemente na sua aceitação comercial, tendo várias causas, como reações químicas, enzimáticas ou não.

O estabelecimento de novas aplicações para o feijão, além de outras características físicas, poderá estar relacionado à cor de cada material. A definição de sabores com base cacau ou morango, por exemplo, irá depender da cor e da manutenção da mesma durante o processamento e a estocagem.

3.4 CONCLUSÃO

O presente estudo mostrou um grau variável de diferenças nas propriedades tecnológicas de farinhas de feijão comumente usados no Brasil. A cultivar BRS Embaixador, procedentes de Ponta Grossa e Santo Antônio de Goiás, apresentou o maior peso de cem grãos, e a cultivar BRS Pitanga, procedente de ambas as cidades, apresentou o menor peso. Com relação ao pH, todas as cultivares apresentaram pH próximo ao neutro. As cultivares procedentes de Santo Antônio de Goiás apresentaram maior CAA comparativamente as cultivares de Ponta Grossa. O inverso pode ser observado para a CRO, onde a maioria das cultivares de Ponta Grossa apresentou maior CRO quando comparadas às cultivares de Santo Antônio de Goiás.

A maior formação de espuma ocorreu nos extremos de pH. No entanto, a estabilidade foi maior no pH 5,6, onde houve a menor formação de espuma. Dependendo do produto desenvolvido, a formação de espuma pode não ser desejável, como no caso de refrescos. Dessa forma, a cultivar a ser processada dependerá do produto que se deseja obter. A capacidade emulsificante se mostrou bastante elevada para todas as cultivares, assim como a estabilidade da emulsão. Esta propriedade pode ser requerida para a elaboração de cremes vegetais a base de feijão.

As informações sobre essas propriedades são importantes para o desenvolvimento de novos produtos que utilizam a farinha de feijão,

sendo indispensáveis para a construção de referenciais futuros no controle de qualidade de matérias primas para novos produtos. Uma área onde a farinha de feijão poderia ser utilizada é no desenvolvimento de produtos sem glúten. A farinha de feijão é usada, preferencialmente, como suplementação à farinha de trigo, aumentando a qualidade nutricional dos alimentos que contenham farinha de trigo como ingrediente majoritário. No entanto, outras aplicações já atribuídas a outras leguminosas, tais como bebidas e cremes doces e salgados, podem representar importante potencial de uso para o feijão, onde o conhecimento das propriedades tecnológicas é importante.

REFERÊNCIAS

ADEBOWALE, K. O., LAWAL, O. S. Foaming, gelation and electrophoretic characteristics of mucana bean (*Mucana pruriens*) protein concentrates. **Food Chemistry**, v. 83, p. 237-246, 2003.

AKINTAYO, E. T., OSHODI, A. A.; ESUOSO, K. O. Effects of NaCl, ionic strength and pH on the foaming and gelation of pigeon pea (*Cajanus cajan*) protein concentrates. **Food Chemistry**. v. 66, n. 1, p. 51-56, 1999.

ANTON, A. A.; FULCHER, R. G.; ARNTFIELD, S. D. Physical and nutritional impact of fortification of corn starch-based extruded snacks with common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flour: effects of bean addition and extrusion cooking. **Food Chemistry**, v. 113, p. 989-996, 2009.

BATISTA, K. A.; PRUDÊNCIO, S. H.; FERNANDES, K. F. Wheat Bread enrichment with hard-to-cook bean extruded flours: nutritional and acceptance evaluation. **Journal of Food Science**, v. 76, n. 1, p. 108-113, 2011.

BRAGANTINI, C. **Alguns aspectos do armazenamento de sementes e grãos de feijão**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 28 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária – Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399 p.

CHAU, C. F.; CHEUNG, P. C. K. Functional properties of flours prepared from three Chinese indigenous legume seeds. **Food Chemistry**, v. 61, n. 4, p. 429-433, 1998.

DAMODARAN, S. Aminoácidos, peptídeos e proteínas. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**. Porto Alegre: Artmed, 2010.

DZUDIE, T.; SCHER, J.; HARDY, J. Common bean flour as an extender in beef sausages. **Journal of Food Engineering**, v. 52, p. 143-147, 2002.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTAT**. 2010.

Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 12 nov 2012.

FERREIRA, C. M.; DEL PELOSO, M. J.; FARIA, L. C. **Feijão na economia nacional**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002.

GALLEGOS-INFANTE, J. A.; ROCHA-GUZMAN, N. E.; GONZALEZ-LAREDO, R. F.; OCHOA-MARTÍNEZ, L. A.; CORZO, N.; BELLO-PEREZ, L. A.; MEDINA-TORRES, L.; PERALTA-ALVAREZ, L. E. Quality of spaghetti pasta containing Mexican common bean flour (*Phaseolus vulgaris* L.). **Food Chemistry**, v. 119, p. 1544-1549, 2010.

GLÓRIA, M. M.; REGITANO-d'ARCE, M. A. B. Concentrado e isolado proteico de torta de castanha do Pará: obtenção e caracterização química e funcional. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, n. 2, p. 01-08, 2000.

HUNTERLAB. CIE L* a* b* color scale. Applications note, v. 8, n. 7, 2008. Disponível em: <http://www.hunterlab.com>. Acesso em: 15 ago. 2011.

IBGE. Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009: **Análise do Consumo Alimentar Pessoal no Brasil**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2011.

JONES, A. L. Phaseolus bean: Post-harvest Operations. Centro Internacional de Agricultura Tropical. CIAT. 1999. Available at: <<http://www.cgiar.org/ciat>>. Accessed on: 13 June 2012.

KAUR, M.; SINGH, N. Studies on functional, thermal and pasting properties of flour from different chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. **Food Chemistry**, v. 91, p. 403-411, 2005.

LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I.; MENEZES, E. W. Qualidade nutricional. In: ARAÚJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. de O. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFOS, 1996.

LIN, M. J. Y.; HUMBERT, E. S.; SOSULSKI, F. W. Certain functional properties of sunflower meal products. **Journal of Food Science**, v. 39, p. 368-370, 1974.

MARTÍN-CABREJAS, M. A.; ESTEBAN, R. M.; PEREZ, P.; MAINA, G.; WALDRON, K. W. Changes in physicochemical properties of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) during long-term storage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, p. 3223-3227, 1997.

MARTÍN-CABREJAS, M. A.; SANFIZ, B.; VIDAL, A.; MOLLÁ, E.; ESTEBAN, R.; LÓPEZ-ANDRÉU, F. J. Effect of fermentation and autoclaving on dietary fiber fractions and antinutritional factors of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v. 52, p. 261-266, 2004.

MBITHI-MWIKYA, S., OOGUE, W., VAN CAMP, J., NGUNDI, D., HUYGHEBAERT, A. Amino acid profiles after sprouting, autoclaving, and lactic acid fermentation of finger millet (*Eleusine Coracana*) and Kidney beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, p. 3081-3085, 2000.

PIRES, C. V.; OLIVEIRA, M. G. A.; ROSA, J. C.; COSTA, N. M. B. Qualidade nutricional e escore químico de aminoácidos de diferentes fontes protéicas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, p.179-187, 2006.

REYES-BASTIDAS, M., REYES-FERNÁNDEZ, E. Z., LÓPEZ-CERVANTES, J., MILÁN-CARRILLO, J., LOARCA-PIÑA, G. F., REYES-MORENO, C. Physicochemical, nutritional and antioxidant properties of tempeh flour common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Food Science Technology International**, v. 16, n. 5, p. 427-434, 2010.

SATHE, S. K. Dry bean protein functionality. **Critical Reviews in Biotechnology**, v. 22, n. 2, p. 175-223, 2002.

SATHE, S. K., SALUNKHE, D. K. Functional Properties of the Great Northern Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Proteins: Emulsion, Foaming, Viscosity, and Gelation Properties. **Journal of Food Science**, v. 46, p. 71-75, 1982.

SIDDIQ, M.; RAVI, R.; HARTE, J. B.; DOLAN, K. D. Physical and functional characteristics of selected dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flours. **Food Science and Technology**, v. 43, p. 232-237, 2010.

CAPÍTULO 4 – PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DO AMIDO E DA FARINHA DE DIFERENTES CULTIVARES DE FEIJÃO COMUM

4.1 INTRODUÇÃO

Membro da família Fabaceae, que compreende as leguminosas, o feijão está entre os alimentos mais antigos, remontando aos primeiros registros da história da humanidade. Eram cultivados no antigo Egito e na Grécia, sendo também cultuados como símbolo da vida (LAJOLO; GENOVESE; MENEZES, 1996; EMBRAPA, 2010).

Phaseolus vulgaris L. é a espécie mais cultivada entre as demais do gênero, contribuindo com cerca de 95 % da produção mundial de Phaseolus (LAJOLO; GENOVESE; MENEZES, 1996). Segundo dados da FAO (2010), os cinco principais países produtores são Índia, Brasil, Myanmar, Estados Unidos e China, que juntos representam mais de 65 % da produção mundial. O Brasil é o segundo maior produtor mundial de feijão com uma produção 2011/2012 estimada em 2,93 milhões de toneladas, segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2012).

O consumo médio de feijão no Brasil, segundo dados do IBGE (2011), é de 182,9 g/hab/dia. A grande variedade de cores, tamanhos e formas das sementes são características que influenciam a preferência por determinada variedade (CARNEIRO et al., 2005). A cocção dos grãos é a forma de preparo mais utilizada para o consumo, responsável pelo amaciamento, sendo que a gelatinização do amido tem importante influência nas propriedades reológicas dos derivados de feijões.

A presença do amido como constituinte majoritário do feijão, e também a presença de proteínas em elevadas proporções, levam a discussões sobre o comportamento reológico e a justificativas para estas propriedades.

O amido contribui grandemente com as propriedades texturais de muitos alimentos e tem muitas aplicações industriais como agente espessante, estabilizante coloidal, agente gelificante, agente de enchimento, agente de retenção de água e adesiva.

O conhecimento da composição dos grânulos e das propriedades reológicas dos amidos têm significativa importância para as indústrias de alimentos que buscam manter e realçar as propriedades

de seus produtos em períodos de armazenamento (BOBBIO; BOBBIO, 1995).

Poucos estudos são encontrados sobre amido de feijão. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi o de caracterizar físico-quimicamente amidos e farinhas de diferentes cultivares de feijão e relacionar essas características com as propriedades de pasta, buscando sugerir aplicações para os amidos estudados.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Material

As matérias primas e o material são os mesmos apresentados no capítulo 2, item 2.2.1.

4.2.2 Métodos

4.2.2.1 Obtenção da farinha de feijão

A farinha dos grãos de feijão foi preparada conforme descrito no capítulo 2, item 2.2.2.1.

4.2.2.2 Extração do amido do feijão

O amido de feijão foi extraído segundo Rupollo et al. (2011), com modificações. 300 g de grãos de feijão foram deixados em solução de sulfito de sódio 0,16 % por 24 h a 4 °C. Após este período, os grãos foram moídos em liquidificador doméstico. A massa foi filtrada em pano dessorador e a suspensão recolhida em copo Becker para decantação. O sobrenadante foi descartado e o amido decantado foi ressuspenso em água destilada e centrifugado (Hermle Z200A, Labortechnik[®]) a 1200 x g por 20 minutos. O sobrenadante e a fração não amilácea foram descartados. Este procedimento foi repetido até que se restasse somente o amido, que foi coletado e seco em estufa (De Leo[®], Poa, Brasil) a 40 °C por 12 h.

4.2.2.3 Teor de amido, proteína e umidade das farinhas de feijão

O conteúdo de proteína bruta e de umidade das farinhas de feijão foi determinado segundo metodologia da AOAC (2005). O teor de amido das cultivares de feijão foi determinado por método polarimétrico, segundo metodologia do Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e da Pesca (BRASIL, 2000).

4.2.2.4 Amilose

A quantidade de amilose nas amostras de amido foi determinada seguindo o procedimento colorimétrico de Williams, Kuzina e Hlinka (1970). Amostras de 30 mg de amido foram dispersas em 10 mL de solução de hidróxido de potássio $0,5 \text{ mol.L}^{-1}$ e diluídas 10 vezes em água destilada. Alíquotas de 10 mL desta solução foram neutralizadas com 5 mL de ácido clorídrico $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$, com posterior adição de 0,5 mL de solução de I-KI (iodo, iodeto de potássio), e seus volumes completados para 50 mL. A leitura foi realizada em espectrofotômetro UV/Vis, marca Hitachi, modelo U-1800, a 625 nm, empregando curva padrão de amilose e amilopectina, extraídas a partir de amido de feijão, segundo McCready e Hassid (1943).

4.2.2.5 Densidade absoluta

A densidade absoluta dos grânulos de amido foi determinada pelo método do picnômetro, por deslocamento do xileno a $30 \text{ }^\circ\text{C}$, segundo Schoch e Leach (1964).

4.2.2.6 Forma e tamanho dos grânulos

As amostras de amido (previamente desidratadas em estufa a $40 \text{ }^\circ\text{C}$) foram comparadas quanto ao tamanho e forma dos grânulos, por microscopia eletrônica de varredura (MEV). Cada uma das doze amostras, em pó, foi fixada com fita dupla face, em suportes de alumínio e metalizada com uma camada de ouro de 350 \AA de espessura em um aparelho a vácuo Polaron E5000. Foi utilizado o microscópio eletrônico de varredura no Laboratório Central de Microscopia Eletrônica (LCME) da Universidade Federal de Santa Catarina.

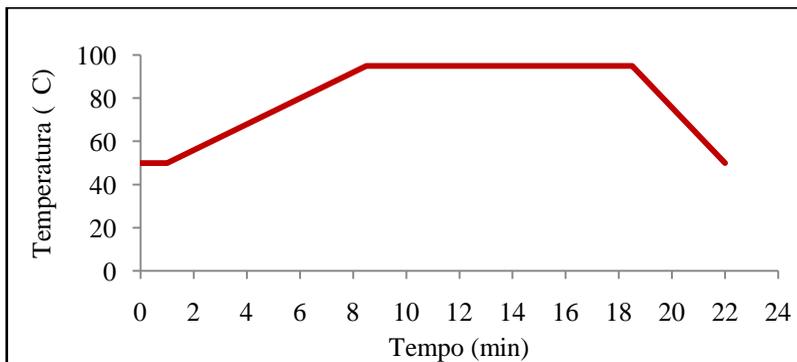
O tamanho dos grânulos foi medido no software Measure IT, e as formas foram observadas através das micrografias.

Também foi realizada a microscopia eletrônica de varredura nas amostras desengorduradas das farinhas de feijão, mediante procedimento similar ao empregado para os grânulos de amido.

4.2.2.7 Propriedades de pasta do amido e da farinha de feijão

As propriedades de pasta das farinhas de feijão e dos amidos isolados foram determinadas usando um Rápido Viscoanalisador (RVA 4500, Perten Instruments), utilizando uma temperatura inicial e final de 50 °C e mantendo a 95 °C por 10 minutos, simulando a cocção do feijão na forma domiciliar (Figura 1). Tanto para as farinhas quanto para o amido isolado, foi utilizada uma suspensão de amostra (3,0 g em 25 mL de água destilada) corrigido para 0 % de umidade.

Figura 1 – Perfil de temperatura utilizado para a determinação das propriedades de pasta das farinha e do amido isolado de feijão de diferentes cultivares provenientes de Ponta Grossa – PR e Santo Antônio de Goiás - GO.



4.2.3 Estatística

Todas as análises foram conduzidas em três repetições e os dados expressos como média \pm desvio padrão (DP). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), ao nível de 5 % de significância, seguido pelo teste de Tukey, para comparação das médias.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1 Teor de amido, proteína e umidade das farinhas de feijão

Os teores de amido, proteína e umidade das farinhas de feijão são apresentados na Tabela 1. O teor de proteína das farinhas de feijão variou de 17,72 a 25,13 %, evidenciando a alta quantidade de proteína desta leguminosa e seu potencial como fonte de proteína dos alimentos. Resultados similares foram encontrados por Saha et al. (2009), onde trinta e cinco diferentes genótipos de *Phaseolus vulgaris* L. foram estudados e o teor de proteína variou de 18,66 a 26,17 %. Teores de proteína ainda mais altos foram encontrados por Pujolà, Farreras e Casañas (2007), variando de 23,4 a 32 % para nove cultivares.

Para os teores de umidade, os valores estiveram próximos aos encontrados por Ramírez-Cárdenas, Leonel e Costa (2008) que estudaram cinco variedades de feijão, e os resultados variaram de 10,69 a 15,38%.

Tabela 1 – Amido, proteína e umidade da farinha de feijões de diferentes cultivares, provenientes de Ponta Grossa – PR e Santo Antônio de Goiás - GO.

	Grupo de cor	Cultivar	Proteínas (%) ± DP	Umidade (%) ± DP	Amido total (%) ± DP
Ponta Grossa	Vermelho	BRS Embaixador	23,18 ± 0,37 ^b	10,83 ± 0,25 ^{cd}	42,22 ± 0,19 ^{bc}
		BRS Pitanga	25,13 ± 0,06 ^a	11,88 ± 0,19 ^a	40,25 ± 0,19 ^d
	Carioca	BRS Estilo	21,18 ± 0,13 ^c	10,46 ± 0,22 ^{de}	43,74 ± 0,30 ^a
		Pérola	22,82 ± 0,04 ^b	11,43 ± 0,18 ^{ab}	41,64 ± 0,26 ^c
	Preto	BRS Campeiro	23,55 ± 0,80 ^b	11,13 ± 0,23 ^{bc}	41,58 ± 0,21 ^c
		BRS Esplendor	23,41 ± 0,58 ^b	10,10 ± 0,18 ^{ef}	38,21 ± 0,12 ^e
Santo Antônio de Goiás	Vermelho	BRS Embaixador	18,91 ± 0,08 ^e	8,21 ± 0,10 ^h	42,31 ± 0,96 ^{bc}
		BRS Pitanga	20,27 ± 0,04 ^{cd}	8,60 ± 0,16 ^{gh}	42,30 ± 0,30 ^{bc}
	Carioca	BRS Estilo	17,72 ± 0,33 ^f	10,53 ± 0,14 ^{de}	43,65 ± 0,46 ^a
		Pérola	19,91 ± 0,54 ^{de}	9,65 ± 0,13 ^f	42,91 ± 0,28 ^{ab}
	Preto	BRS Campeiro	19,46 ± 0,15 ^{de}	9,62 ± 0,19 ^f	43,78 ± 0,24 ^a
		BRS Esplendor	19,92 ± 0,24 ^{de}	8,78 ± 0,09 ^g	39,68 ± 0,24 ^d

* Valores seguidos de letras minúsculas iguais, na mesma coluna, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O teor de amido, em base seca, presente nas diversas cultivares de feijão, situa-se entre 45 e 60 % (LAJOLO; GENOVESE; MENEZES, 1996), porém, não é totalmente utilizável como fonte energética. O conteúdo de amido entre as cultivares estudadas variou de 38,21 a 43,78 %. As cultivares BRS Embaixador e BRS Estilo não diferiram estatisticamente quando comparadas quanto ao local de origem, sendo que esta última cultivar apresentou o conteúdo de amido mais elevado, juntamente com as cultivares Pérola e BRS Campeiro procedentes de Santo Antônio de Goiás.

Esses valores estão próximos aos encontrados por Pujolà, Farreras e Casañas (2007), onde o conteúdo de amido de nove cultivares de *Phaseolus vulgaris* L. variou de 41,4 a 52,3 %. Chung et al. (2008 a) também encontraram valores próximos, que variaram entre 36,8 a 40,3 %.

A determinação do teor de amido e proteína, como os dois componentes majoritários da matéria prima, podem, paralelamente às propriedades tecnológicas, contribuir para a orientação no desenvolvimento de novos produtos.

4.3.2 Teor de amilose dos amidos isolados de feijão

O teor de amilose pode variar de amido para amido, em quantidades relativas, tamanho, forma e modo de associação no grânulo, o que determina a extensão e o tipo de estrutura cristalina (WHISTLER; DANIEL, 1993). O conteúdo de amilose e amilopectina das leguminosas pode explicar, parcialmente, as reduzidas respostas glicêmicas produzidas por esses alimentos. Os seus grânulos de amido contêm quantidades elevadas de amilose (24-65 %), capaz de apresentar retrogradação, enquanto a maioria dos outros alimentos, fontes de carboidratos, não contêm mais de 25 a 30 % (LAJOLO; GENOVESE; MENEZES, 1996).

O conteúdo de amilose (Tabela 2) mostrou-se alto, variando de 40,94 a 51,11 %. Considerando as divisões por cores, os feijões do grupo preto provenientes de Ponta Grossa foram os únicos que não diferiram significativamente entre si.

Tabela 2 - Conteúdo de amilose nos amidos isolados de feijão de diferentes cultivares, provenientes de Ponta Grossa – PR e Santo Antônio de Goiás - GO.

	Grupo de cor	Cultivar	Amilose (g/100 g) ± DP
Ponta Grossa	Vermelho	BRS Embaixador	42,51 ± 0,26 ^f
		BRS Pitanga	49,56 ± 0,13 ^b
	Carioca	BRS Estilo	45,72 ± 0,19 ^d
		Pérola	40,94 ± 0,13 ^g
	Preto	BRS Campeiro	44,20 ± 0,48 ^e
		BRS Esplendor	44,71 ± 0,34 ^{de}
Santo Antônio de Goiás	Vermelho	BRS Embaixador	45,32 ± 0,12 ^{de}
		BRS Pitanga	48,16 ± 0,40 ^c
	Carioca	BRS Estilo	51,11 ± 0,58 ^a
		Pérola	49,25 ± 0,12 ^{bc}
	Preto	BRS Campeiro	44,97 ± 0,31 ^{de}
		BRS Esplendor	48,76 ± 0,80 ^{bc}

* Valores seguidos de letras minúsculas iguais, na mesma coluna, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Ovando-Martínez et al. (2011) encontraram valores mais baixos do que os apresentados neste trabalho. O conteúdo de amilose para duas cultivares (Black 8025 e Pinto Durango) sob diferentes regimes de plantio variou de 30,72 a 37,22 %. Já Chung et al. (2008 a) encontraram valores próximos, que variaram de 38 a 41,5 %.

Comparando com outras leguminosas, os valores de amilose para as seis cultivares em diferentes locais são maiores do que os encontrados para cultivares de feijão mungo (30,4 a 34,6 %) (SINGH et al., 2004), lentilhas (23,5 a 24,7 %), grãos de bico (23,0 a 23,3 %) e ervilhas (23,9-24,1 %) (HOOVER; RATNAYAKE, 2002).

Os teores de amilose nos níveis determinados nestas cultivares indicam, que na elaboração de produtos de panificação, deverá existir uma dosagem equilibrada, evitando efeitos negativos na textura de pães, por exemplo. Isso porque, amidos com um alto conteúdo de amilose

possuem uma maior tendência a retrogradação, e para produtos panificáveis, a retrogradação é indesejável. Por outro lado, em processos enzimáticos, o conhecimento do teor de amilose e amilopectina contribui para o emprego de enzimas adequadas a estas características.

4.3.3 Densidade absoluta dos grânulos de amido de feijão

A densidade é um fator importante no processo de extração dos grânulos de amido, dado que este parâmetro influencia economicamente na decisão de qual cultivar processar. Por meio da densidade se calcula o volume específico, sendo este útil para o dimensionamento de embalagens e equipamentos (AMANTE, 1986). Os resultados da densidade absoluta dos grânulos do amido de feijão são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Densidade absoluta ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$) dos grânulos de amido das diferentes cultivares de feijão, provenientes de Ponta Grossa – PR e Santo Antônio de Goiás - GO.

	Grupo de cor	Cultivar	Densidade ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$) \pm DP
Ponta Grossa	Vermelho	BRS Embaixador	1,57 \pm 0,12 ^a
		BRS Pitanga	1,54 \pm 0,15 ^a
	Carioca	BRS Estilo	1,49 \pm 0,07 ^a
		Pérola	1,33 \pm 0,08 ^a
	Preto	BRS Campeiro	1,76 \pm 0,16 ^a
		BRS Esplendor	1,67 \pm 0,18 ^a
Santo Antônio de Goiás	Vermelho	BRS Embaixador	1,78 \pm 0,35 ^a
		BRS Pitanga	1,77 \pm 0,15 ^a
	Carioca	BRS Estilo	1,55 \pm 0,15 ^a
		Pérola	1,72 \pm 0,10 ^a
	Preto	BRS Campeiro	1,72 \pm 0,09 ^a
		BRS Esplendor	1,66 \pm 0,05 ^a

* Valores seguidos de letras minúsculas iguais, na mesma coluna, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No presente trabalho, foram encontrados amidos com densidades variadas, porém não existem diferenças significativas de densidades entre as cultivares.

Comparando com amidos de outras fontes botânicas, a densidade dos amidos das cultivares BRS Embaixador e BRS Pitanga, provenientes de Ponta Grossa, e a cultivar BRS Estilo, proveniente das duas localidades, ficaram mais próximas às densidades do amido de banana nanica ($1,5280 \text{ g.cm}^{-3}$) (SILVA; SILVA, 2005), batata doce ($1,4794 \text{ g.cm}^{-3}$) (BATISTUTI; VALIM; CÂMARA, 1993) e inhame ($1,522 \text{ g.cm}^{-3}$) (DURANGO; SOARES; ANDRADE, 2009).

4.3.4 Forma e tamanho dos grânulos dos amidos isolados de feijão

O tamanho e forma dos grânulos de amido estão entre os principais fatores na determinação de seus usos potenciais. Grânulos pequenos ($2,0 \mu\text{m}$) podem ser usados como substitutos de gordura devido ao tamanho ser semelhante aos glóbulos de lipídeos, embora o tamanho do grânulo usado para esta finalidade seja obtido somente com modificações (ZAMBRANO; CAMARGO; TAVARES, 2001).

O tamanho e a forma dos grânulos de amido variam com a espécie, e a distribuição de tamanho varia com o estágio de desenvolvimento da planta (LEONEL, 2007). As faixas de diâmetros obtidas para os amidos de cada cultivar são apresentadas na Tabela 4 e suas formas são ilustradas nas Figuras 2 e 3.

Tabela 4 - Diâmetro médio dos grânulos de amido de diferentes cultivares de feijão provenientes de Ponta Grossa – PR e Santo Antônio de Goiás - GO.

Grupo de cor	Cultivar	Diâmetro dos grânulos (μm)			
		Grânulos elipsóides		Grânulos esféricos	
		Largura	Comprimento		
Ponta Grossa	Vermelho	BRS Embaixador	23,45	35,08	18,98
		BRS Pitanga	18,84	31,24	16,30
	Carioca	BRS Estilo	21,53	32,7	21,94
		Pérola	20,80	32,59	19,53
	Preto	BRS Campeiro	22,77	33,72	20,54
		BRS Esplendor	20,46	30,17	20,14
Santo Antônio de Goiás	Vermelho	BRS Embaixador	23,08	35,95	21,20
		BRS Pitanga	19,00	29,61	18,78
	Carioca	BRS Estilo	22,99	32,06	21,52
		Pérola	22,63	32,71	19,47
	Preto	BRS Campeiro	24,01	33,35	19,47
		BRS Esplendor	22,98	33,91	21,35

n=8

Figura 2 - Micrografia eletrônica de varredura dos grânulos de amido nativo de feijão das cultivares BRS Embaixador (A e B), BRS Pitanga (C e D), BRS Estilo (E e F) e Pérola (G e H), provenientes da cidade de Ponta Grossa (esquerda) e Santo Antônio de Goiás (direita) (700 x).

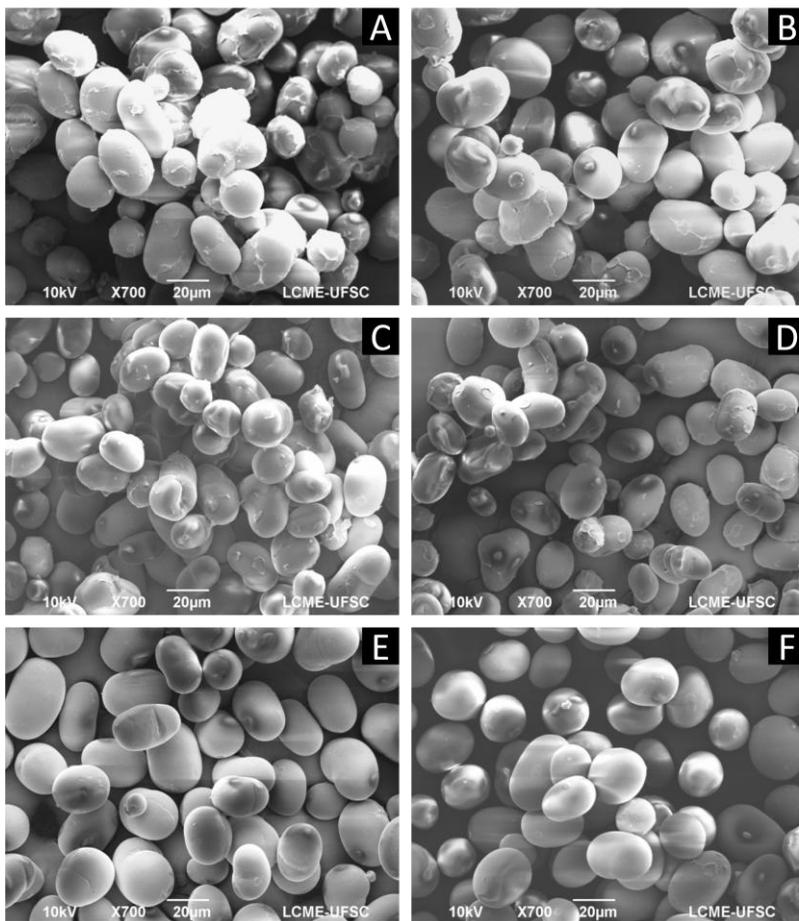
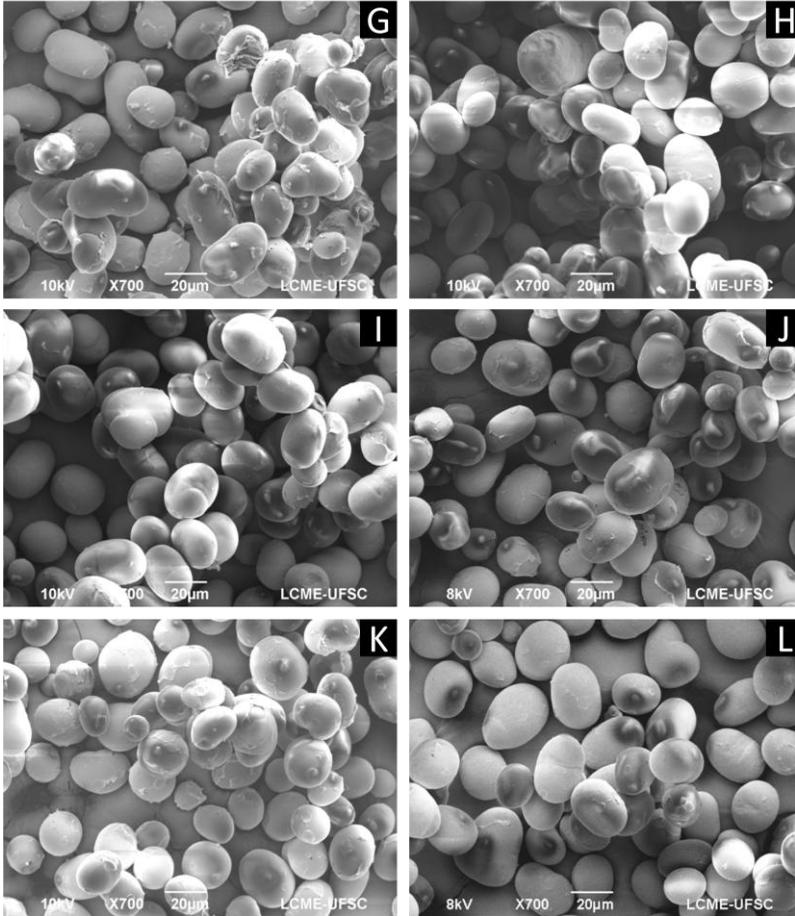


Figura 3 - Micrografia eletrônica de varredura dos grânulos de amido nativo de feijão das cultivares Pérola (G e H), BRS Campeiro (I e J) e BRS Esplendor (K e L), provenientes da cidade de Ponta Grossa (esquerda) e Santo Antônio de Goiás (direita) (700 x).



A distribuição de tamanho mostrou grânulos de diferentes tamanhos e formatos. A maioria dos grânulos do amido de feijão foram elipsoides ou esféricos, estando de acordo com o apresentado em outros trabalhos (SINGH et al., 2004; RUPOLLO et al., 2011; VANIER et al., 2012). O tamanho dos grânulos da cultivar BRS Embaixador foi o que apresentou os maiores valores para os grânulos elipsóides. Já a cultivar BRS Pitanga apresentou os menores valores de tamanho dos grânulos.

Esses valores estão de acordo com o apresentado por Ovando-Martínez et al. (2008), que encontraram valores de 22,61 a 24,88 μm no comprimento e de 17,87 a 18,74 μm na largura de grãos elipsoides das cultivares Black 8025 e Pinto Durango. Chung et al. (2008 a) encontraram valores maiores para os grânulos de amido do feijão das cultivares Majestade, Red Kanner e Náutica (grupo de cor vermelho). Os valores variaram de 24 a 47 μm no comprimento e de 23 a 32 μm na largura de grânulos elipsoides.

Comparando com amidos de outras fontes botânicas, os diâmetros encontrados para amido de feijão são maiores do que os encontrados para amido de mandioca, por Oliveira (2011), de 7 a 15,34 μm , e para amido de banana-nanica, por Silva e Silva (2005), de 9,5 a 12,12 μm . Porém, os valores são similares ao amido de araruta, que variou de 22,05 a 29,54 μm (LEONEL, 2007).

A diferença dos tamanhos dos grânulos para as cultivares estudadas comprova o fato que pequenas variações podem ocorrer entre variedades ou cultivares de uma mesma planta.

4.3.5 Microscopia eletrônica de varredura das farinhas de feijão

O amido geralmente é extraído por processos que permitem o carregamento de substâncias contaminantes como protefínas, lipídeos e cinzas. Em pequenas quantidades no amido, essas substâncias podem interferir nas propriedades físico-químicas e funcionais (CEREDA, 2001). Nas Figuras 4 e 5 mostra-se a complexidade, em termos de estruturas, da amostra de farinha de feijão, o que interfere na extração do amido.

Figura 4 – Micrografia eletrônica de varredura das farinhas de feijão das cultivares BRS Embaixador (A e B), BRS Pitanga (C e D) e BRA Estilo (E e F), provenientes das cidades de Ponta Grossa (esquerda) e Santo Antônio de Goiás (direita) (700 x).

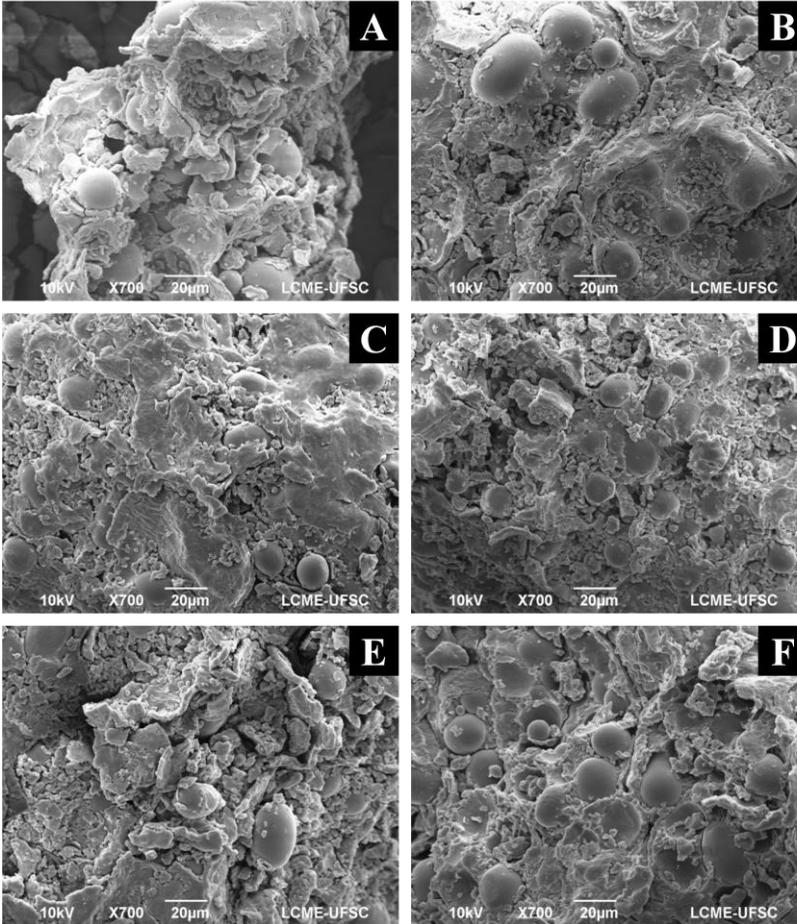
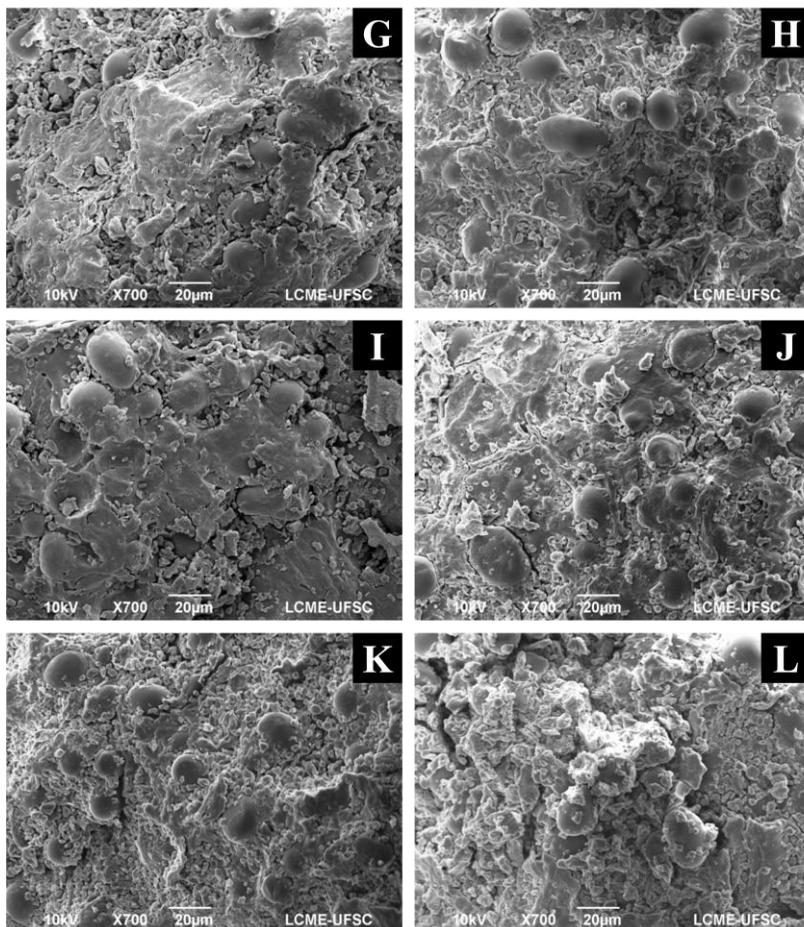


Figura 5 - Micrografia eletrônica de varredura das farinhas de feijão das cultivares Pérola (G e H), BRS Campeiro (I e J) e BRS Esplendor (K e L), provenientes das cidades de Ponta Grossa (esquerda) e Santo Antônio de Goiás (direita) (700 x).



É possível observar que a moagem dos grãos de feijão não afetou a estrutura dos grânulos de amido, que se encontram inteiros e sem danificações.

A farinha de feijão é composta por diversas substâncias, entre proteínas, minerais, componentes da parede como celulose, hemicelulose e pectina, entre outras. Para a extração do amido, a adição

de sulfito de hidrogênio é importante, pois ajuda na quebra da matriz proteína-amido, além de reduzir o crescimento microbiano (SINGH; SANDHU; KAUR, 2009).

O aumento na utilização de amido como ingrediente na indústria alimentícia tem estimulado o desenvolvimento de diferentes métodos de extração com o objetivo de obter produtos com alta pureza e propriedades físicas bem definidas (ZAVAREZE et al., 2009). No entanto, são inexistentes os trabalhos que estudam a interação desses diversos compostos com o amido de feijão, sendo necessárias pesquisas que visem otimizar o método de extração.

4.3.6 Propriedades de pasta da farinha de feijão

A viscosidade é uma das propriedades mais importantes dos materiais amiláceos. A curva de viscosidade representa o seu comportamento durante o aquecimento e permite avaliar as características da pasta formada, pelas modificações estruturais das moléculas de amido e também pela tendência a retrogradação durante o resfriamento.

Os perfis viscoamilográficos das farinhas de feijão das diferentes cultivares são apresentados nas Figuras 6 e 7. As seis cultivares de dois locais diferentes apresentaram perfis viscoamilográficos similares, tendo um aumento da viscosidade com a temperatura, sem queda da viscosidade após o retorno aos 50 °C. Todas as amostras não exibiram redução da viscosidade durante o período de aquecimento a 95 °C, o que revela que os grânulos de amido gelatinizaram e os demais compostos do feijão, tais como proteínas e fibras, podem ter contribuído para a estabilidade da pasta. Perfis similares foram observados para feijão comum proveniente do Canadá (CHUNG et al., 2008 a) e farinha de feijão mungo e fava (LIU et al., 2006).

Diferenças nos parâmetros avaliados dos perfis viscoamilográficos são apresentadas na Tabela 5. É possível observar que todas as cultivares provenientes de Santo Antônio de Goiás apresentaram valores de viscosidade inicial a 95 °C maiores de que as cultivares procedentes de Ponta Grossa. O mesmo pode ser observado para a viscosidade final de pasta, com exceção da cultivar BRS Pitanga, que possuiu um valor maior para a procedente de Ponta Grossa.

A viscosidade máxima no ciclo de aquecimento indica o quão elevado ou baixo pode ser a viscosidade de uma amostra, que por sua vez depende da estrutura granular do amido, da sua proporção de amilose e amilopectina e das prováveis combinações que podem ser feitas com outros ingredientes (MOURA, 2012). Este parâmetro torna-se importante quando, por exemplo, a farinha for destinada ao preparo de sopas, tortas ou outros alimentos em que tais propriedades são requeridas. Neste sentido, observa-se viscosidade de pasta durante o aquecimento a 95 °C mais elevados para as cultivares procedentes de Santo Antônio de Goiás, com exceção para BRS Pitanga.

Figura 6 - Viscoamilograma das farinhas de feijão provenientes de Ponta Grossa - PR.

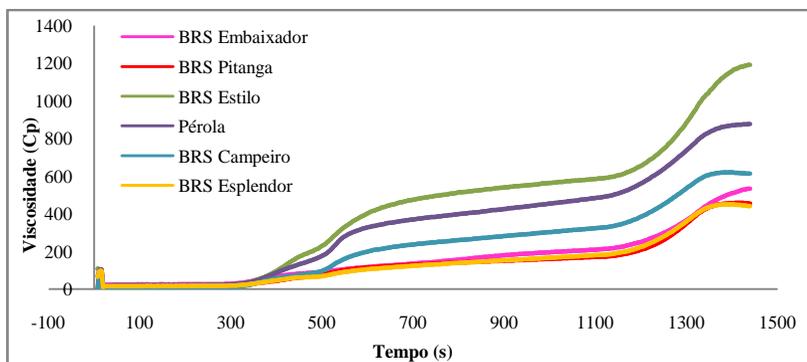


Figura 7 - Viscoamilograma das farinhas provenientes de Santo Antônio de Goiás - GO.

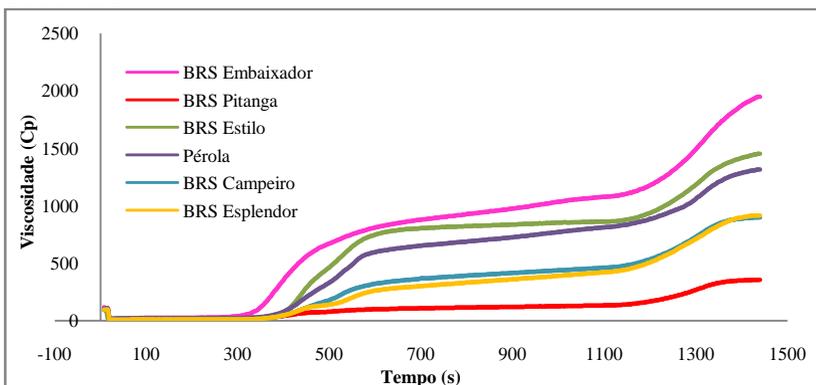


Tabela 5 – Propriedades viscoamilográficas da farinha de feijão de diferentes cultivares, obtidas através de amilogramas construídos no RVA.

Grupo de cor	Cultivar	Parâmetros			
		Viscosidade inicial a 95°C (cP)	Viscosidade final a 95°C (cP)	Tendência a Retrogradação (cP)	Viscosidade final (cP)
Vermelho	BRS Embaixador	94,00 ± 2,64 ^{gh}	211,67 ± 11,93 ^h	321,67 ± 13,32 ^f	533,33 ± 24,91 ^g
	BRS Pitanga	81,33 ± 5,69 ^{lu}	172,33 ± 7,23 ⁱ	282,00 ± 3,46 ^g	454,33 ± 10,69 ^h
Ponta	BRS Estilo	249,50 ± 5,50 ^d	587,50 ± 10,50 ^d	603,50 ± 2,50 ^b	1191,00 ± 13,00 ^d
Grossa	Pérola	193,33 ± 9,81 ^e	487,67 ± 16,92 ^e	388,33 ± 1,15 ^e	876,00 ± 16,09 ^e
	BRS Campeiro	109,00 ± 4,00 ^g	326,67 ± 8,08 ^g	286,00 ± 6,08 ^g	612,67 ± 13,58 ^f
Preto	BRS Esplendor	73,00 ± 7,00 ⁱ	181,67 ± 11,93 ^{lu}	259,33 ± 4,16 ^g	441,00 ± 16,09 ^h
	BRS Embaixador	692,50 ± 1,50 ^a	1075,5 ± 13,50 ^a	873,00 ± 12,00 ^a	1948,50 ± 1,50 ^a
Santo Antônio de Goiás	BRS Pitanga	82,50 ± 0,50 ^{lu}	134,00 ± 1,00 ^j	221,50 ± 2,18 ^h	355,50 ± 2,50 ⁱ
Carioca	BRS Estilo	505,33 ± 6,66 ^b	863,67 ± 18,88 ^b	588,00 ± 8,89 ^b	1451,67 ± 17,21 ^b
	Pérola	365,67 ± 11,37 ^c	817,33 ± 14,57 ^c	497,33 ± 11,06 ^c	1314,67 ± 23,29 ^c
Preto	BRS Campeiro	199,00 ± 12,16 ^e	465,00 ± 14,80 ^e	432,67 ± 20,26 ^d	897,67 ± 8,14 ^e
	BRS Esplendor	147,67 ± 5,51 ^f	426,67 ± 2,31 ^f	489,33 ± 14,15 ^c	916,00 ± 13,23 ^e

* Valores seguidos de letras minúsculas iguais, na mesma coluna, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Moura (2012), estudando o efeito da extrusão em farinha mista de feijão, arroz e milho no comportamento de pasta, observou maior valor de viscosidade durante aquecimento a 95°C para um tratamento de extrusão elaborado com 140 °C, 160 rpm e 24 % de umidade, obtendo um valor de 260,50 cP. Este valor é próximo ao encontrado para a cultivar BRS Embaixador, procedente de Ponta Grossa, e superior aos valores de BRS Pitanga procedente das duas cidades. Um amido que não sofre um processo de extrusão tão severo, seja por auxílio de uma elevada umidade, ou de uma baixa temperatura associada com uma baixa rotação do parafuso, pode manter parte de sua estrutura amilácea, apresentando até mesmo um pico de viscosidade máxima, que pode representar um amido não gelatinizado, ou parcialmente gelatinizado (MOURA, 2012).

A viscosidade final – que indica a habilidade do material em formar uma pasta viscosa – e a retrogradação das farinhas variaram de 355,5 a 1948,5 cP e 221,5 a 873,0 cP, respectivamente. Os valores superiores da viscosidade de pasta das cultivares procedentes de Santo Antônio de Goiás são condizentes com os teores de amido encontrado para essas cultivares, que também foram superiores se comparados às cultivares de Ponta Grossa.

Comparando com amidos isolados, as farinhas de feijão para todas as cultivares apresentaram uma baixa tendência a retrogradação. Isso porque, como já foi comentado, a farinha é composta por diversas substâncias, e o alto teor de proteínas e fibras pode ter contribuído com a estabilidade da pasta. Dessa forma, essas farinhas poderiam ser utilizadas para incrementar sopas cremosas e molhos, por possuírem alta viscosidade – com exceção da cultivar BRS Pitanga – e baixa tendência a endurecer pela retrogradação. Além disso, poderiam ser utilizadas para elaboração de pães e pudins, já que nesses alimentos a ocorrência da retrogradação é indesejável e deve ser evitada.

4.3.7 Propriedades de pasta do amido isolado de feijão

Os grânulos de amido são insolúveis em água fria, porém, quando aquecidos em água, passam por um processo chamado gelatinização. O aquecimento contínuo dos grânulos de amido, em excesso de água, resulta no inchamento do grânulo, lixiviação de compostos solúveis (principalmente amilose) e, enfim, ruptura total dos

grânulos, principalmente com a aplicação de forças de cisalhamento (BEMILLER; HUBER, 2010).

Comparado com amidos de cereais e tubérculos, as características reológicas do amido de leguminosas são limitadas. É possível observar um mesmo perfil viscoamilográfico para as seis cultivares independentes do local de origem (Figuras 8 e 9), sendo que as cultivares BRS Estilo, Pérola e BRS Campeiro, procedentes das duas cidades, apresentam sobreposição dos seus perfis. As cultivares BRS Embaixador, BRS Pitanga e BRS Esplendor apresentaram menor viscosidade para as duas origens. Por grupo de cor, houve uma coerência no perfil viscoamilográfico.

Figura 8 - Viscoamilograma dos amidos isolados das cultivares provenientes de Ponta Grossa - PR.

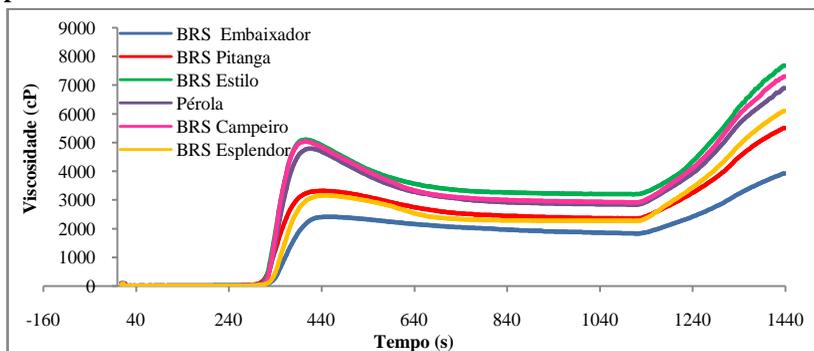
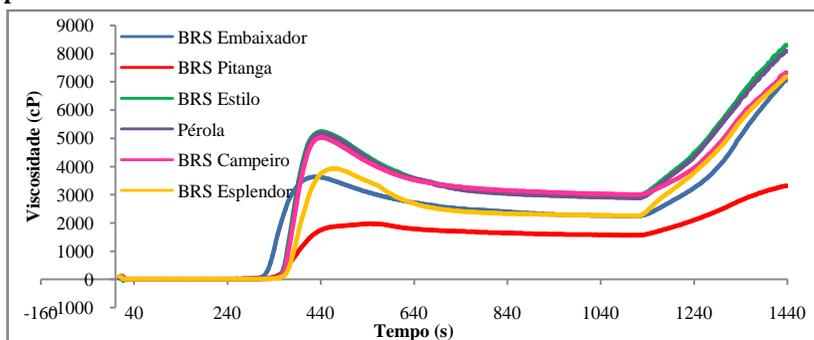


Figura 9 - Viscoamilogramas dos amidos isolados das cultivares provenientes de Santo Antônio de Goiás - GO.



As propriedades de pasta dos amidos isolados das seis cultivares de feijão procedentes de duas cidades diferentes estão presentes na Tabela 6. A temperatura inicial de pasta variou de 68,63 a 75,65 °C. Observam-se diferenças significativas entre o grupo de cor somente para o grupo vermelho, proveniente de Ponta Grossa, e preto, de Santo Antônio de Goiás. A alta temperatura inicial de pasta observada para a cultivar BRS Esplendor, procedente de Santo Antônio de Goiás, indica que esse amido possui uma maior resistência ao inchamento e ruptura.

A viscosidade máxima durante aquecimento variou de 1973,67 a 5233,00 cP, sendo que somente as cultivares BRS Embaixador e BRS Pitanga, provenientes de Ponta Grossa e Santo Antônio de Goiás, respectivamente, apresentaram valores abaixo de 3000 cP. A temperatura de viscosidade máxima variou de 84,32 a 94,9 °C, a viscosidade mínima de 1561,67 a 3202,00 cP, viscosidade final de 3320,67 a 8295,33 cP, a tendência à retrogradação de 1759,00 a 5328,67 cP entre as cultivares de menores e maiores valores.

Chung et al. (2008 a), estudando o amido de variedades de feijões do Canadá, encontraram valores de temperatura inicial de pasta variando de 73,9 a 75,65 °C, viscosidade máxima variando de 1980 a 2746 cP e viscosidade final de 4802 a 6532 cP, enquanto Rupollo et al. (2011) encontraram pico de viscosidade de 2819 cP para feijões armazenados hermeticamente a 5 °C e 2808 cP para armazenamento normal a temperatura de 25 °C e viscosidade final de 4358 e 4040 cP, respectivamente para esses dois tipos de armazenamento. A temperatura inicial de pasta foi similar ao encontrado para as seis cultivares de feijão procedentes das duas cidades, porém, os picos de viscosidade máxima e viscosidade final ficaram abaixo dos obtidos no presente trabalho, com exceção das cultivares BRS Embaixador (Ponta Grossa) e BRS Pitanga (Santo Antônio de Goiás). Considerando que a concentração de amido utilizada reflete em propriedades amilográficas, esta seria uma explicação para a diferença nos resultados obtidos em comparação aos autores.

Singh, Sandhu e Kaur (2009), estudando diferentes variedades de grão-de-bico, encontraram valores para temperatura inicial de pasta de 75,1 a 77,1 °C, tendo valores similares aos amidos de feijão.

Chung et al. (2008 b), avaliando cultivares de outras leguminosas, encontraram valores de pico de viscosidade durante o aquecimento de 1129 a 1371 cP, 1185 a 1359 cP e 755 a 1347 cP para cultivares de ervilha, lentilha e grão de bico, respectivamente.

Tabela 6 - Propriedades viscoamilográficas do amido isolado das cultivares de feijão, obtidas através de amilogramas construídos no RVA.

Grupo de cor	Cultivar	Temperatura inicial de pasta (°C)	Viscosidade máxima durante aquecimento (cP)	Temperatura da viscosidade máxima (°C)	Viscosidade mínima (cP)	Viscosidade final (cP)	Tendência à retrogradação (cP)
Vermelho	BRS Embaixador	70,88 ± 0,19 ^d	2416,33 ± 30,00 ^f	89,25 ± 0,30 ^c	1833,67 ± 116,13 ^{de}	3925,00 ± 27,73 ^e	2091,33 ± 142,51 ^h
	BRS Pitanga	68,63 ± 0,20 ^e	3319,33 ± 59,21 ^e	88,02 ± 0,26 ^d	2355,33 ± 82,14 ^{bc}	5501,67 ± 41,10 ^f	3146,33 ± 69,87 ^e
Ponta	BRS Estilo	69,12 ± 0,68 ^e	5106,33 ± 95,48 ^a	84,48 ± 0,19 ^{fe}	3202,00 ± 61,39 ^a	7679,33 ± 67,41 ^b	4477,33 ± 22,81 ^{cd}
Grossa	Pérola	69,17 ± 0,68 ^e	4792,33 ± 24,17 ^b	85,50 ± 0,45 ^f	2841,00 ± 168,79 ^{ab}	6897,67 ± 44,74 ^d	4056,67 ± 125,95 ^{ef}
Preto	BRS Campeiro	70,95 ± 0,22 ^d	5043,33 ± 70,78 ^{ab}	84,32 ± 0,40 ^e	2918,33 ± 371,95 ^a	7297,67 ± 125,95 ^{bc}	4379,33 ± 261,43 ^{de}
	BRS Esplendor	71,52 ± 0,38 ^{cd}	3164,33 ± 46,23 ^e	88,97 ± 0,66 ^{cd}	2271,67 ± 129,86 ^{cd}	6105,00 ± 123,17 ^e	3833,33 ± 34,24 ^f
Vermelho	BRS Embaixador	71,25 ± 0,26 ^{cd}	3632,33 ± 50,12 ^d	86,72 ± 0,44 ^e	2239,67 ± 105,83 ^{cd}	7055,33 ± 42,16 ^{cd}	4815,67 ± 64,52 ^{bc}
	BRS Pitanga	72,15 ± 0,26 ^c	1973,67 ± 7,09 ^e	94,90 ± 0,05 ^a	1561,67 ± 29,14 ^e	3320,67 ± 45,61 ^h	1759,00 ± 43,92 ^h
Santo Antônio de Goiás	BRS Estilo	74,32 ± 0,03 ^b	5233,00 ± 135,32 ^a	88,03 ± 0,27 ^d	2966,67 ± 323,57 ^a	8295,33 ± 127,47 ^a	5328,67 ± 200,78 ^a
Preto	Pérola	75,20 ± 0,43 ^{ab}	5175,67 ± 7,02 ^a	88,07 ± 0,57 ^d	2882,33 ± 24,58 ^a	8088,33 ± 79,40 ^a	5206,00 ± 98,09 ^{ab}
	BRS Campeiro	74,30 ± 0,43 ^b	5020,33 ± 230,67 ^{ab}	88,05 ± 0,22 ^d	2995,00 ± 129,00 ^a	7315,33 ± 342,46 ^{bc}	4320,33 ± 218,51 ^{de}
	BRS Esplendor	75,65 ± 0,22 ^a	3926,00 ± 83,23 ^c	90,97 ± 0,19 ^b	2250,67 ± 177,08 ^{cd}	7167,67 ± 181,44 ^{cd}	4917,00 ± 25,06 ^b

* Valores seguidos de letras minúsculas iguais, na mesma coluna, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Ainda fazendo comparação com amidos de outras fontes botânicas, Oliveira (2011) encontrou uma temperatura inicial de pasta de 61,77 a 64,75 °C para treze cultivares de mandioca. Os valores de viscosidade máxima e final foram menores para a mandioca quando comparado às cultivares de feijão, assim como a tendência a retrogradação. As raízes e os tubérculos apresentam, em geral, menor tendência a retrogradação, um fenômeno que depende da presença de polímeros de cadeia linear e do seu peso molecular (BATISTUTI; VALIM; CÂMARA, 1993).

A viscosidade mínima pode ser vista como uma medida do grau de desintegração dos grânulos de amido e outras substâncias. Corresponde ao menor valor da viscosidade após o pico de gelatinização, que, no caso das cultivares estudadas, ocorreu a uma temperatura inferior a 95 °C.

De acordo com Teba (2009), elevados teores de umidade diminuem o atrito e com isso uma quantidade menor de grânulos sofre degradação. Como a viscosidade mínima está relacionada à ruptura dos grânulos de amido, é necessário um menor valor de umidade para que este fenômeno ocorra com maior intensidade, pois assim as moléculas tornam-se mais susceptíveis à ação do cisalhamento. Para produtos que necessitam de baixa viscosidade ao aquecimento, como as sopas menos viscosas, a baixa umidade seria o parâmetro mais importante a se considerar (MOURA, 2012).

Uma alta viscosidade é desejável para usos industriais, nos quais o objetivo é o poder espessante. Para isso, é necessário o controle da retrogradação. A retrogradação envolve as moléculas de amilose e amilopectina por efeito da recristalização, decorrente do agrupamento das partes lineares das moléculas do amido, principalmente amilose, através da formação de novas ligações de hidrogênio, resultando, assim, na formação de precipitado e/ou géis (BEMILLER; HUBER, 2010).

O conteúdo de amilose é um dos fatores que influencia a retrogradação do amido. Uma maior proporção de amilose tem sido tradicionalmente ligada como uma maior tendência a retrogradação nos amidos, mas a amilopectina, materiais intermediários, tamanho e forma dos grânulos e fonte botânica, também têm um papel importante na retrogradação (SINGH et al., 2003).

Os altos valores encontrados para retrogradação das cultivares (1759 a 5328,67 cP) estão ligadas aos altos valores de amilose do amido de feijão. A relação entre amilose e a tendência a retrogradação ficou evidenciada no amido da cultivar BRS Estilo procedente da cidade de

Santo Antônio de Goiás, que apresentou o maior percentual de amilose entre as outras cultivares, e conseqüentemente, uma maior tendência a retrogradação. No entanto, a cultivar Pérola de Ponta Grossa, mesmo apresentando um menor teor de amilose comparado com as demais cultivares, apresentou uma tendência a retrogradação alta. O grânulo apresentando a menor densidade, e maior tendência à saída de amilose durante a gelatinização é que podem justificar retrogradação alta para essa cultivar.

4.4 CONCLUSÃO

O estudo das propriedades físico-químicas e de pasta do amido das seis cultivares provenientes de dois locais diferentes mostrou, que mesmo cultivares do mesmo grupo comercial, e cultivares iguais de procedências diferentes, tiveram diferenças significativas.

As farinhas de feijão para todas as cultivares apresentaram uma baixa tendência a retrogradação e alta viscosidade, podendo ser utilizadas para incrementar sopas cremosas e molhos.

Por apresentarem alta viscosidade final, os amidos das cultivares estudadas poderiam ser utilizados em produtos alimentícios que necessitam dessa característica, como espessantes de cremes, sopas e pudins, por exemplo.

Os amidos de BRS Embaixador proveniente de Ponta Grossa e BRS Pitanga proveniente de Santo Antônio de Goiás, por possuírem uma baixa tendência a retrogradação, poderiam ser utilizados em produtos que ficam armazenados, como produtos panificáveis.

O conhecimento sobre as propriedades de pasta dos feijões é indispensável para a construção de referenciais futuros no controle de qualidade de matérias primas para novos produtos.

REFERÊNCIAS

AMANTE, E. R. **Caracterização de Amidos de Variedades de Mandioca (*Maninot esculenta*, Crantz) e de Batata-doce (*Ipomoea batatas*)**. 1986. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1986.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official Methods of Analysis of the AOAC**. 18 ed. Gaithersburg: AOAC International, 2005.

BATISTUTI, J. P.; VALIM, M. F. C. F. A.; CÂMARA, F. L. A. Amido de batata-doce (*Ipomoea batata* L., Lam): caracterização morfológica e estudo de algumas propriedades funcionais. **Alimentos e Nutrição**, v. 5, n. 1, p. 9-25, 1993.

BEMILLER, J. N.; HUBER, K. C. Carboidratos. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**. Porto Alegre: Artmed, 2010.

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Introdução à Química dos Alimentos**. 2 ed. São Paulo: Varela, 1995. 223 p.

BRASIL. Decreto – Lei nº 251, de 13 de outubro de 2000. Adota o método oficial de análise a utilizar na determinação do teor de amido por polarimetria nos alimentos para animais. Transpõe para a ordem jurídica nacional a Directiva nº 1949/79/CE, da Comissão, de 27 de julho. **Lex**: Diário da República, n. 237, p. 5695-5696, out. 2000.

CARNEIRO, J. C. S.; MINIM, V. P. R.; SOUZA JR., M. M.; CARNEIRO, J. E. S.; ARAÚJO, G. A. A. Perfil sensorial e aceitabilidade de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 1, p. 18-24, 2005.

CEREDA, M. P. Propriedades gerais do amido. São Paulo: Fundação Cargill, p. 221, (Série: culturas de tuberosas amiláceas Latino-Americanas, v. 1), 2001.

CHUNG, H. J.; LIU, Q.; PAULS, K. P.; FAN, M. Z.; YADA, R. In vitro starch digestibility, expected glycemic index and some physicochemical properties of starch and flour from common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties grown in Canada. **Food Research International**, v. 41, p. 869-875, 2008 a.

CHUNG, H. J.; LIU, Q.; HOOVER, R.; WARKENTIN, T. D.; VANDENBERG, B. In vitro starch digestibility, expected glyceic index, and thermal and pasting properties of flours from pea, lentil and chickpea cultivars. **Food Chemistry**, v. 111, p. 316-321, 2008 b.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira**: grãos, décimo levantamento, julho de 2012. Brasília: Conab, 2012.

DURANGO, A. M.; SOARES, N. F. F.; ANDRADE, N. J. Extração e caracterização do amido de inhame e desenvolvimento de filmes comestíveis antimicrobianos. **Revista Temas Agrários**, v. 14, n. 2, 2009.

EMBRAPA (2010). Agência de Informação Embrapa: Feijão. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br>> Acesso em 16 Maio 2011.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTAT**. 2010. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 12 nov 2012.

HOOVER, R.; RATNAYAKE, W. S. Starch characteristics of black bean, chick pea, lentil, navy bean and pinto bean cultivars grown in Canada. **Food Chemistry**, v. 78, p. 489-498, 2002.

IBGE. Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009: **Análise do Consumo Alimentar Pessoal no Brasil**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2011.

LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I.; MENEZES, E. W. Qualidade nutricional. In: ARAÚJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. de O. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFOS, 1996.

LEONEL, M. Análise da forma e tamanho de grânulos de amidos de diferentes fontes botânicas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 3, p. 579-588, 2007.

LIU, Q.; DONNER, E.; YIN, Y.; HUANG, R. L.; FAN, M. Z. The physicochemical properties and in vitro digestibility of selected cereals, tubers and legumes grown in China. **Food Chemistry**, v. 99, p. 470-477, 2006.

McCREADY, R.M.; HASSID, W.F. The separation and quantitative estimation of amilose and amylopectin in potato starch. *Journal of the American Chemical Society*, v.65, p. 1154, 1943.

MOURA, L. S. M. **Caracterização físico-química e reológica de farinhas mistas pré-gelatinizadas de arroz, milho e feijão por extrusão termoplástica**. 2012. 105 f. (Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2012.

OLIVEIRA, C. D. **Caracterização e potencial tecnológico de amidos de diferentes cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. 2011. 142 f. (Mestre em Engenharia de Alimentos) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

OVANDO-MARTÍNEZ, M.; OSORIO-DÍAZ, P.; WHITNEY, K.; BELLO-PÉREZ, L. A.; SIMSEK, S. Effect of the cooking on physicochemical and starch digestibility properties of two varieties of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) grown under different water regimes. **Food Chemistry**, v. 129, p. 358-365, 2011.

PUJOLÀ, M.; FARRERAS, A.; CASAÑAS, F. Protein and starch content of raw, soaked and cooked beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Food Chemistry**, v. 102, p. 1034-1041, 2007.

RAMÍREZ-CÁRDENAS, L.; LEONEL, A. J.; COSTA, N. M. B. Efeito do processamento doméstico sobre o teor de nutrientes e de fatores

antinutricionais de diferentes cultivares de feijão comum. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 1, p. 200-213, 2008.

RUPOLLO, G.; VANIER, N. L.; ZAVAREZE, E. R.; OLIVEIRA, M.; PEREIRA, J. M.; PARAGINSKI, R. T.; DIAS, A. R. G.; ELIAS, M. C. Pasting, morphological, thermal and crystallinity properties of starch isolated from beans stored under different atmospheric conditions. **Carbohydrate Polymers**, v. 86, p. 1403-1409, 2011.

SAHA, S., SINGH, G., MAHAJAN, V., GUPTA, H. S. Variability of nutritional and cooking quality in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) as a function of genotype. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 64, n. 2, p. 174-180, 2009.

SCHOCH, T. J.; LEACH, H. W. Whole starch and modified starches. Determination of absolute density. Liquid displacement. In: WHITLER, R. L.; WOLFRON, M. L. (Ed.). **Methods in Carbohydrate Chemistry**. New York: Academic Press, 1964. p. 101-103. v.4.

SILVA, M. H. L.; SILVA, C. O. Caracterização parcial de amido de banana-nanica (*Musa sp.* AAA Cavendish). **Revista Ceres**, v. 52, n. 303, p. 751-762, 2005.

SINGH, N.; SANDHU, K. S.; KAUR, M. Characterization of starches separated from Indian chickpea (*Cicer Arietinum* L.) cultivars. **Journal of Food Engineering**, v. 63, n. 4, p. 441-449, 2009.

SINGH, N.; KAUR, M.; SANDHU, K. S.; GURAYA, H. S. Physicochemical, thermal, morphological and pasting properties of starches from some Indian black gram (*Phaseolus mungo* L.) cultivars. **Starch/Stärke**, v. 56, p. 535-544, 2004.

SINGH, N.; SINGH, J.; KAUR, L.; SODHI, N. S.; GILL, B. S. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. **Food Chemistry**, v. 81, p. 219-231, 2003.

TEBA, C. da S. **Elaboração de massas alimentícias pré-cozidas à base de farinha mista de arroz polido e feijão preto sem casca pelo processo de extrusão termoplástica**. 2009. 177f. Dissertação (Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2009.

VANIER, N. L.; ZAVAREZE, E. R.; PINTO, V. Z.; KLEIN, B.; BOTELHO, F. T.; DIAS, A. R. G.; ELIAS, M. C. Physicochemical, crystallinity, pasting and morphological properties of bean starch oxidize by different concentrations of sodium hypochlorite. **Food Chemistry**, v. 131, n. 4, p. 1255-1262, 2012.

WHISTLER, R. L.; DANIEL, J. R. Carboidratos, In: FENNEMA O. R. **Química de los alimentos**. Zaragoza, Acribia, p-81-156, 1993.

WILLIAMS, P. C.; KUZINA, D. F.; HLINKA, I. A . Rapid colorimetric procedure for estimating the amylose content of starches and flours. **Cereal Chemistry**, v. 7, n. 197, p. 412 – 420, 1970.

ZAMBRANO, F.; CAMARGO, C. R. O; TAVARES, D. Amido de mandioca modificado comparado com substitutos de gordura comerciais. **Brazilian Journal of Food Technology**. n. 4, p. 155- 161, 2001.

ZAVAREZE, E. R.; RODRIGUES, A. O.; STROCK, C. R. ASSIS, L. M. WALLY, A. P. S.; DIAS, A. R. G. Poder de inchamento e solubilidade de amido de arroz submetido ao tratamento térmico com baixa umidade. **Brazilian Journal of Food Technology**, II SSA, p. 31-35, 2009.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A farinha de feijão possui alto conteúdo de proteínas, fibras e amido, mostrando sua complexidade, o que pode influenciar significativamente em suas propriedades tecnológicas, como poder espumante e emulsificante, capacidade de retenção de água e óleo, entre outros.

Essas propriedades tecnológicas são importantes para se construírem referenciais futuros para o controle de qualidade da matéria prima, sendo que a elaboração de diferentes produtos, tendo o feijão como elemento majoritário, necessita dessas informações.

Além da alta complexidade da farinha, o amido como constituinte majoritário do feijão, deve ser levado em consideração. A diferença entre as suas características pode direcionar a elaboração de diversos produtos, que estão relacionados às características estruturais do amido, como teor de amilose, temperatura de pasta e capacidade de retrogradação.

Trabalhos futuros sobre as interações do uso de tecnologias sobre as características nutricionais e tecnológicas do feijão, e sobre as propriedades do amido, ainda são necessários para que sejam elaborados produtos a base de feijão, assim como acontece com a soja.

SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

A finalização de um trabalho abre inúmeras discussões para novas pesquisas. Dessa forma, são sugestões para trabalhos futuros:

- Utilização de tecnologias que reduzam ou eliminem os fatores antinutricionais do feijão, sem afetar as características nutricionais e propriedades tecnológicas.

- Caracterizar as fibras e as proteínas do feijão, cujos estudos publicados na literatura sugerem um potencial funcional, e elaborar produtos funcionais tendo o feijão como componente majoritário.

- Elaborar produtos a base de feijão que levem em consideração suas propriedades tecnológicas, como por exemplo, um creme vegetal de feijão.

- Investigar mais detalhadamente as propriedades do amido de feijão, a partir de grãos recém-colhidos e armazenados por longos períodos, para, dessa forma, sugerir aplicações para amidos dos excedentes de produção de feijão na elaboração de filmes comestíveis, agentes espessantes, entre outras aplicações.