

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
FACULDADE DE AGRONOMIA ELISEU MACIEL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS



Dissertação

**Efeito dos processamentos nas propriedades tecnológicas, sensoriais e
nutricionais de feijão comum e caupi e sua aplicação em panificação**

Bianca Pio Ávila
Engenheira Agrônoma

Pelotas, 2014

Bianca Pio Ávila

Efeito dos processamentos nas propriedades tecnológicas, sensoriais e nutricionais de feijão comum e caupi e sua aplicação em panificação

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Comitê de Orientação: Prof^a. Dr^a. Márcia Arocha Gularte

Prof. Dr. Moacir Cardoso Elias

Pelotas, 2014

Dados de Catalogação

Comissão Examinadora:

Profª Drª Elessandra da Rosa Zavareze

Prof. Dr. Jander Monks

Prof. Dr. Maurício de Oliveira

Dedico este trabalho a todos aqueles que apesar das tormentas da própria existência não desistem de alcançar o Sol.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Grande Mãe Deméter por me permitir trilhar o caminho do conhecimento e da sabedoria secreta dos Grãos, alimento primordial e sagrado que envolve respeito, dom, entrega e amor.

À minha vó Neura Mello Lopes e minhas tias Neyla e Carla Ávila, pela educação que me foi dada e o incentivo para nunca desistir de estudar.

À minha colega Patrícia da Rosa, pelo incentivo constante nos momentos mais difíceis.

À minha orientadora, prof^a Dr^a Márcia Arocha Gularte, exemplo como educadora e profissional, agradeço a confiança depositada em mim, a liberdade que me foi concedida em explorar o mundo dos grãos, pelos conhecimentos transmitidos, pela paciência, carinho e por estar sempre disposta a ajudar.

Ao meu co-orientador, prof. Dr. Moacir Cardoso Elias, um agradecimento especial, pois com um simples gesto de carinho e confiança mudou a minha vida há dois anos, sua dedicação como professor, sua compaixão e seu amor pela profissão são ensinamentos que levarei sempre.

Aos professores Dr. Manoel Artigas Schirmer, Dr. Alvaro Renato Guerra Dias, Dr^a Elessandra da Rosa Zavareze, Dr. Maurício de Oliveira, pelas contribuições nas várias etapas do meu desenvolvimento profissional.

Às colegas doutorandas do Laboratório de Grãos, Prof^a e Química Magda Santos dos Santos e a Nutricionista Angélica Markus Nicoletti, são poucas as palavras para expressar todo o agradecimento que tenho a vocês. Sem a ajuda de vocês esse trabalho não teria se concretizado tão bem. Obrigada pela paciência e dedicação em ensinar-me, pela amizade e momentos de descontração, pelas palavras de apoio nos momentos difíceis. Um agradecimento eterno por tudo que me ajudaram.

À colega doutoranda Shanise Mello El Halal, pela amizade e ajuda desde o início da minha caminhada na Educação Continuada, uma profissional dedicada e comprometida com a pesquisa, não medindo esforços para colaborar sempre.

Ao colega de mestrado Guilherme Bragança, obrigada pelo apoio, companheirismo e pelas risadas em meio às correrias, teu positivismo e simpatia tornaram as análises mais alegres.

Ao colega de mestrado Felix Hasing e a colega doutoranda Reni Rockenbach que sempre estiveram dispostos em auxiliar.

Às colegas Joana de Souza, Flávia Paiva, Josiane Bartz, Nelisa de Souza, Vânia Pinto, Rosana Colussi, aos colegas Rafael Schiavon, Nathan Vanier, Ricardo Paraginski, Ivonir dos Santos, Diego Zeni e aos colegas do Laboratório de Frutas e Hortaliças, por terem me recebido com carinho e sanado as dúvidas em momentos de dificuldades nas análises.

À Eng^a Agr^a Dr^a Roberta Manica-Berto, obrigada pelos ensinamentos valiosos de estatística.

Aos bolsistas do IFSUL e Laboratório de Grãos – Gabriela Dutra Alves, Karoline Souza, Matheus Lemos, Nataniele Kmentt, Thais Teixeira, Jean Schwartz, Marjana Radünz e Karina Madruga, muito obrigada pela dedicação, pela amizade e convivência, a partir da ajuda de vocês foi possível concluir esse trabalho a tempo.

Ao Laboratório de Pós Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos, do Departamento de Ciência e Tecnologia, na Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, na Universidade Federal de Pelotas, à Secretaria de Ciência e Inovação Tecnológica do Rio Grande do Sul, através do Programa Pólo de Inovação Tecnológica da Região Sul e ao CAPES pela bolsa de pesquisa concedida.

“Não sabendo quer era impossível, foi lá e fez”.

(Jean Cocteau)

RESUMO

ÁVILA, Bianca Pio. **Efeito dos processamentos nas propriedades tecnológicas, sensoriais e nutricionais de feijão comum e caupi e sua aplicação em panificação.** 2014. 130f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal de Pelotas.

Mesmo sendo o Brasil o maior consumidor de feijão e um dos maiores produtores mundiais, pesquisas que caracterizam a aparência, a textura, o sabor e o desenvolvimento de novos produtos desses grãos são ainda muito recentes, principalmente com relação às cultivares destinadas à exportação. Além disso, não há consenso sobre a utilização da água de maceração no cozimento na preservação dos componentes nutricionais. Considerando estes aspectos, objetivou-se nesse estudo caracterizar os feijões destinados a exportação, físico-química e sensorialmente, avaliar o efeito dos processamentos na cocção de feijão sobre os compostos fenólicos, antocianinas, capacidade antioxidante, antinutricionais e desenvolver um bolo com enriquecimento protéico e livre de glúten. Foram utilizados grãos de feijão comum BRS Executivo (Cranberry), BRS Embaixador (Red Kidney) produzidos em Goiás e feijão-caupi BRS Novaera produzido no Mato Grosso. Após a colheita os grãos foram limpos e armazenados. No estudo que avaliou os processamentos domésticos quanto ao teor de nutrientes, o descarte da água de maceração afetou os teores de proteínas, lipídios, fibras e cinzas nos três feijões estudados. Assim como, reduziu a atividade antioxidante e o conteúdo de fenóis totais. Quanto aos fatores antinutricionais, a maceração prévia ao cozimento, diminuiu esses fatores nos feijões. Segundo as características sensoriais avaliadas o feijão com maior aceitação foi o feijão BRS Executivo (Red Kidney) e os bolos desenvolvidos com farinha de feijão-caupi apresentaram alto teor de proteínas, fibras e minerais.

Palavras-Chave: Cranberry; Dark Red Kidney; produtos de panificação; bioativos; antinutricionais.

ABSTRACT

ÁVILA, Bianca Pio. **Effect of processing on technological, sensory and nutritional properties of common bean and cowpea and its application in baking.** 2014. 130f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal de Pelotas.

Even Brazil is the largest consumer of beans and one of the largest world producers, studies that characterize the appearance, texture, flavor and development of new products of these grains are still very recent, mainly in relation to cultivars intended for export. Furthermore, there is no consensus on the use of the soaking water for cooking preserving the nutritional components. Considering these aspects, this study aimed to characterize the type export beans, physicochemical and sensory, evaluating the effect of the processing of beans during cooking of the phenolic compounds, anthocyanins, antioxidant capacity, antinutritional and developing a cake is enriched with protein and gluten-free. Common bean grains were used BRS Executivo (Cranberry), BRS Embaixador (Red Kidney) produced in Goiás and cowpea BRS Novaera produced in Mato Grosso. After harvesting the grains were cleaned and stored. In the study evaluating domestic processing on the content of nutrients, discarding the soaking water affected the protein, lipid, fiber and ash in the three studied beans. As well as reduced antioxidant activity and total phenol content. As for antinutritional factors, prior to baking, mashing the beans decreased these factors. According to the sensory characteristics evaluated the beans with the bean was greater acceptance BRS Executivo (Red Kidney) and cakes developed with cowpea flour showed high concentration of protein, fiber and minerals.

Keywords: Cranberry; Dark Red Kidney; bakery products; bioactive; antinutritional.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Feijão comum Cranberry BRS Executivo	21
Figura 2	Feijão comum Red Kidney BRS Embaixador	22
Figura 3	Feijão-caupi BRS Novaera	23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Delineamento experimental para avaliar os efeitos dos processamentos em feijão comum e caupi	48
Tabela 2	Formulações dos bolos elaborados com farinha de arroz e feijão-caupi	59
Tabela 3	Massa de mil grãos e dimensões dos grãos de cultivares de feijão comum e caupi	64
Tabela 4	Perfil colorimétrico do tegumento dos grãos de diferentes cultivares de feijão comum e caupi.....	65
Tabela 5	Porcentagem de proteína bruta nos grãos de diferentes cultivares de feijão comum e caupi	66
Tabela 6	Porcentagem do índice de proteínas hidrossolúveis nos grãos de diferentes cultivares de feijão comum e caupi	67
Tabela 7	Porcentagem de lipídios nos grãos de diferentes cultivares de feijão comum e caupi	69
Tabela 8	Porcentagem de fibra bruta nos grãos de diferentes cultivares de feijão comum e caupi	70
Tabela 9	Porcentagem de cinzas nos grãos de diferentes cultivares de feijão comum e caupi	71

Tabela 10	Porcentagem de carboidratos nos grãos de diferentes cultivares de feijão comum e caupi	72
Tabela 11	Tempo de cocção dos grãos de diferentes cultivares de feijão comum e caupi	74
Tabela 12	Perfil texturométrico de feijões comum e caupi com e sem maceração.....	76
Tabela 13	Perfil texturométrico de feijões comum e caupi macerados sem e com adição de 10% de sais cloreto de sódio e cloreto de potássio.....	79
Tabela 14	Atividade antioxidante DPPH e ABTS (μM Trolox. g^{-1} amostra) em feijões comum e caupi com diferentes processamentos.	82
Tabela 15	Teor de fenóis totais e simples (mg de ácido tânico. g^{-1} amostra seca) em feijões comum e caupi com diferentes processamentos.....	85
Tabela 16	Teor de antocianinas totais (CTA $\text{mg}.100\text{g}^{-1}$) em feijões comum e caupi com diferentes processamentos.....	87
Tabela 17	Teores de taninos e ácido fítico em feijões comum e caupi com diferentes processamentos.....	89
Tabela 18	Médias da avaliação sensorial das cultivares Cranberry, Red Kidney e Novaera.....	92
Tabela 19	Composição centesimal das formulações de bolos com farinha de arroz e feijão caupi.....	94

Tabela 20	Teores de minerais nas formulações dos bolos com feijão-caupi e seus atributos na ingestão diária de referência.....	96
Tabela 21	Perfil texturométrico das formulações de bolos com farinha de arroz e feijão-caupi.....	98

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
1.1. Objetivos Gerais.....	19
1.2. Objetivos Específicos	19
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20
2.1. Importância e Aspectos Evolutivos da Produção	20
2.2. O Consumo de Feijão e os Aspectos Nutricionais	24
2.3. Processamento do Feijão	27
2.4. Parâmetros de Cocção do Feijão.....	29
2.5. Textura do Feijão	32
2.6. Adição de Sal e a Redução no Tempo de Cocção.....	34
2.7. Compostos Bioativos	35
2.8. Fatores Antinutricionais.....	41
2.9. Análise Sensorial	43
2.10. Desenvolvimento de Produtos de Panificação	45
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	47
3.1. Materiais	47
3.2. Métodos	47
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	63
4.1. Caracterização Físico - Química dos Grãos	63
4.2. Coeficiente de hidratação	73

4.3. Parâmetros de Cocção	73
4.4. Compostos Bioativos	81
4.5. Fatores Antinutricionais.....	87
4.6. Análise Sensorial	90
4.7. Desenvolvimento de Produtos de Panificação	92
5. CONCLUSÕES	99
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	100
7. APÊNDICES.....	128

1. INTRODUÇÃO

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma cultura antiga originária da América Central e da América do Sul. A partir destas regiões surgiu uma grande variedade de grãos de diferentes cores, formas e tamanhos, sendo tais características visuais a base para a classificação das atuais classes comerciais de feijão.

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma cultura de origem africana, a qual foi introduzida no Brasil na segunda metade do século XVI pelos colonizadores portugueses no Estado da Bahia. Em razão da grande variabilidade genética existente na própria espécie e nas espécies silvestres geneticamente mais próximas, houve uma grande dificuldade para a classificação da espécie domesticada, desse modo, o feijão-caupi inicialmente foi classificado no gênero *Phaseolus*, até ser classificado no gênero *Vigna* em 1894 (FREIRE FILHO, 2011).

Ambos os gêneros fazem parte da família botânica Fabaceae e possuem grande importância como fonte alimentar e comercial em todo o mundo, especialmente em países em desenvolvimento. São importantes fontes de proteínas, vitaminas e minerais, além de apresentar efeitos benéficos à saúde humana, por ser excelente fonte de carboidratos complexos e de ácidos graxos insaturados.

A cultura do feijoeiro é praticada em mais de 100 países no mundo, com 60% concentrada em seis países: Brasil, Índia, China, Myanmar, México e Estados Unidos. Segundo a CONAB (2014) no seu segundo levantamento desse ano, o Brasil produzirá (compreendendo as três safras de feijão 2013/2014) 3,25 milhões de toneladas (sendo 64% do gênero *Phaseolus* e 36% do gênero *Vigna*).

Há várias décadas, Estados Unidos, Canadá e Argentina passaram a focar o mercado internacional, principalmente ao mercado europeu, incentivando a produção de cultivares com mercado externo estável, com alto valor agregado,

aliando a um alto nível de qualidade. Buscando também atender esses novos mercados os programas de melhoramento genético da Embrapa Arroz e Feijão desenvolveram cultivares que atendam essa nova demanda, possibilitando ao agricultor ofertar um produto de maior valor agregado. As cultivares que atualmente atendem esse mercado externo são as cultivares BRS Embaixador (Dark Red Kidney), BRS Executivo (Cranberry) e BRS Novaera (Caupi).

Além de seu valor nutricional, o feijão tem despertado crescente interesse como alimento funcional. As fabáceas contêm um número considerável de compostos bioativos, como os fenólicos, que estão associados a um efeito metabólico na prevenção de doenças e promoção da saúde para populações que consumirem esse alimento com frequência.

No entanto, não é somente o aspecto nutricional que é importante, deve-se mencionar também a qualidade tecnológica do feijão que engloba os atributos sensoriais e a qualidade para o cozimento dos grãos, que é determinada pela rápida absorção de água pelos grãos e pelo tempo de cocção reduzido.

Apesar de o Brasil ser um dos maiores produtores e o maior consumidor de feijão, pesquisas que caracterizam a aparência, a textura, o sabor e o desenvolvimento de novos produtos com esses grão são ainda muito recentes, principalmente com relação a cultivares diferenciadas. Ampliando-se a pesquisa em feijões que possuem foco somente na exportação, intenciona-se que sejam comercializados a nível nacional, ampliando o consumo desse grão em diversos alimentos.

Diante disso, o objetivo nesse estudo foi caracterizar os feijões destinados a exportação, físico-química e sensorialmente, avaliar efeitos da maceração, com e sem aproveitamento da água e com adição de sais, na cocção desses feijões, sobre o conteúdo de compostos fenólicos, antocianinas, capacidade antioxidante, compostos antinutricionais e a viabilidade de utilização do feijão no desenvolvimento de bolos isentos de glúten.

1.1. Objetivos Gerais

Caracterizar os feijões tipo exportação, físico-química e sensorialmente e a influência dos processamentos no conteúdo de bioativos e antinutricionais, além de desenvolver formulações de bolos isentos de glúten.

1.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar físico – quimicamente os grãos de feijão;
- Avaliar o efeito da maceração, com e sem aproveitamento de água e a adição de sais, na cocção dos feijões;
- Verificar a influência do tipo de processamento e forma de cocção nos compostos bioativos;
- Verificar a influência do tipo de processamento e forma de cocção nos fatores antinutricionais;
- Caracterizar sensorialmente os feijões cozidos;
- Desenvolver formulações de bolos com o uso de feijão-caupi com enriquecimento protéico e livre de glúten.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Importância e Aspectos Evolutivos da Produção

O feijão consumido no Brasil pertence à classe Dicotyledoneae, família Leguminosae, gênero *Phaseolus* e espécie, *Phaseolus vulgaris* L. (Castellane et al.1988). O gênero *Phaseolus* compreende aproximadamente 55 espécies, das quais apenas 5 são cultivadas: o feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*); o feijão de lima (*P. lunatus*); o feijão Ayocote (*P. coccineus*); o feijão tepari (*P. acutifolius*); e o *P. polyanthus*, sua origem evolutiva e sua diversificação primária remetem as Américas (DEBOUCK, 1991). O conjunto Andino é caracterizado, principalmente, por feijões de grãos grandes, enquanto que os mesoamericanos possuem sementes pequenas (GEPTS & DEBOUCK, 1991). Os grupos comerciais mais consumidos no país são o carioca (representando 70% do consumo) e o preto.

A produção do gênero *Phaseolus* concentra-se nos Estados de Goiás, Santa Catarina, Minas Gerais, Paraná, São Paulo, Rio Grande do Sul e Mato Grosso.

O Brasil não exporta volumes consideráveis de feijão ainda, já que tem grande consumo interno. Segundo a CONAB (2014) na safra 2013/2014 serão produzidos um total de 3,5 milhões de toneladas, sendo 64% de *Phaseolus vulgaris*.

O segundo gênero de feijão mais consumido é o *Vigna*, espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp., subdividida em quatro cultigrupos Unguiculata, Sesquipedalis, Biflora e Textilis (SMARTT, 1990). No Brasil são cultivados os cultigrupos Unguiculata, para a produção de grão seco e feijão-verde, e Sesquipedalis, comumente chamado de feijão-de-metro, para produção de vagem.

O feijão da espécie *Vigna unguiculata* é conhecido como feijão-caupi, feijão-miúdo, feijão-de-corda ou feijão-fradinho e seu consumo é mais concentrado nas

regiões Norte e Nordeste do país. Sua produção representa 36% do total de feijões cultivados.

No Brasil os maiores produtores de feijão-caupi são o Estado do Ceará seguido dos Estados do Piauí, Bahia e Maranhão respectivamente (CONAB, 2014). Atualmente no centro-oeste, com destaque para o Mato Grosso, grande produtores vêm aprimorando a produção desta cultura através da aplicação de tecnologias, especialização dos produtores. E com a entrada de empresas de grande porte na produção deste feijão, objetiva participar do mercado de exportação. O MAPA juntamente com a Confederação Nacional da Agricultura e Pecuária e a cadeia produtiva do feijão nos EUA estabeleceram parcerias a partir de 2013 que visam à troca de apoio entre o setor, como as universidades e municípios selecionados para garantirem o abastecimento do mercado interno e a demanda das exportações, atendendo as novas exigências do mercado externo (BRASIL, 2014).

Para tanto, será intensificado o uso de mecanismos de controle e certificação internacional da produção. Além disso, os setores envolvidos buscam aumentar o consumo nacional, lançar campanhas com o objetivo de exaltar a importância de alimentos como arroz e feijão, visando à alimentação saudável e distanciando a obesidade e doenças ligadas a má alimentação. Diante desse cenário promissor e a necessidade de incentivar uma alimentação mais saudável, a FAO (Food and Agriculture Organization) estabeleceu o ano de 2016 como o ano internacional dos legumes secos.

Apesar das oscilações no consumo de feijão no mercado interno, as vendas para o mercado externo continuam crescendo. Os feijões do tipo caupi são exportados principalmente para Índia, Turquia, Canadá, Portugal, Israel, Egito, Argélia, Arábia Saudita e Irã. Já os grãos de feijão do tipo comum com maior calibre possuem alto valor comercial e apresentam grande demanda no mercado internacional. Entre os grãos comercialmente importantes estão os tipos Cranberry,

típico da cultivar Hooter, Dark Red Kidney, característico da cultivar DRK-18 e o tipo Alubia, típico do acesso Brancão Argentino (BRASIL, 2014).

A Embrapa Arroz e Feijão, em seu programa de melhoramento genético desenvolveu a única cultivar nacional que atende as características internacionais do tipo de grão conhecido como Cranberry, chamada de BRS Executivo. Para atender o mercado internacional o calibre dos feijões é diferenciado quando comparados com os feijões tipicamente nacionais como o carioca e o preto. Comparando-se com o feijão carioca em relação a peso da massa de 100 grãos (g), o carioca (cultivar Pérola) apresenta 24g, o Cranberry 67g e o Dark Red Kidney 66g em média. O calibre (número de grãos por 100g de grãos) deve ser elevado.

Essa cultivar (BRS Executivo) apresenta, portanto como características: calibre 150/100g, porte de planta semi-ereto, maturação em 85 a 95 dias, recomendação de cultivo em Goiás na safra de inverno, cor da vagem na maturação: amarela estriada de vermelho, cor do grão: bege com estrias e pontuações vermelho-escuras (tendência a roxo) e grupo comercial: Rajado (Cranberry) (EMBRAPA, 2014).



Figura 1 – Feijão comum Cranberry BRS Executivo

Fonte: Elaborado pela autora

A outra cultivar do gênero *Phaseolus* que está destinada ao mercado externo é a cultivar BRS Embaixador, suas características são: calibre 180/100g, porte de planta ereto, maturação 75 a 85 dias, recomendação de cultivo em Goiás na safra de inverno, cor da vagem na maturação: verde amarelada, cor do grão: vermelho escuro e grupo comercial Vermelho Escuro (Dark Red Kidney).



Figura 2 – Feijão comum Red Kidney BRS Embaixador

Fonte: Elaborado pela autora

A cultivar com igual interesse internacional, é a BRS Novaera. Ela pertence ao grupo II segundo o MAPA (BRASIL, 2014), pois faz parte da espécie *Vigna unguiculata*. Desenvolvida com o intuito de atender os mercados Asiáticos e Africanos, possui maturidade mais uniforme e porte diferenciado, seus grãos são levemente enrugados, requisito que a destina a exportação. Suas características

são: porte semi-ereto, maturação 65 a 70 dias, recomendação de cultivo para Pará, Roraima, Amapá, Rondônia, Amazonas, Maranhão, Rio Grande do Norte, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, cor da vagem na maturação: amarelo-claro, cor do grão: branco com tegumento rugoso, grupo comercial Branco (EMBRAPA, 2014).



Figura 3 – Feijão-caupi BRS Novaera

Fonte: Elaborado pela autora

2.2. O Consumo de Feijão e os Aspectos Nutricionais

O consumo de feijão representa quase a metade dos grãos de leguminosas consumidos no mundo, é a segunda leguminosa mais importante após o grão de soja, sendo um dos alimentos básicos na África, Índia e América Latina (XU;

CHANG, 2009; NERGIZ; GÖKGÖZ, 2007; BRIGIDE, 2002). No Brasil, o feijão mais comumente utilizado na alimentação é o *Phaseolus vulgaris* (feijão comum), embora o *Vigna unguiculata* (feijão-de-corda, caupi, macassar ou fradinho) seja também usado no norte e nordeste brasileiro (BRASIL, 2014).

O feijão tem recuperado o prestígio na dieta da população dos países desenvolvidos. Isto é devido, em parte, a problemas de saúde relacionados ao consumo de carne, bem como à descoberta dos benefícios da leguminosa na dieta e sua proteção contra doenças (PUJOLÁ; FARRERAS; CASAÑAS, 2007). Entretanto, segundo POF 2011/2012 (Pesquisa de Orçamentos Familiares do IBGE), o grupo de alimentos: carnes, vísceras e pescados, lideram os gastos com alimentação, em pesquisa de cinco anos esses produtos cresceram de 18,3% para 21,9%, enquanto que os gastos com cereais, leguminosas e oleaginosas caiu de 10,4 para 8,0 % (IBGE 2013).

O consumo de feijões e outras leguminosas no total de calorias determinado pela aquisição alimentar no Brasil é maior na área rural que na urbana e maior nas classes de menor rendimento familiar mensal com relação às classes de maior rendimento (IBGE, 2013). Alguns estudos demonstram associação entre aumento da renda, menor consumo de arroz e feijão, e maiores gastos com alimentação fora de casa e com alimentos prontos (SCHLINDWEIN; KASSOUF, 2007; LEVY-COSTA et al., 2005). Além dos fatores citados, a redução no consumo de feijão pode estar relacionada à dificuldade de preparo caseiro e ao tempo de cocção que se contrapõem à necessidade de redução do tempo de trabalho doméstico (FERREIRA; DEL PELOSO; FARIA, 2002).

Diante do atual panorama de consumo de feijão no Brasil, aliado à importância nutricional e cultural deste alimento no país, o Guia Alimentar para a População Brasileira ressalta que a combinação de arroz e feijão deve ser mantida e incentivada. Tanto que vem sendo recomendado o consumo de pelo menos uma

porção de feijão por dia, na proporção de uma parte de feijão para duas de arroz e variando-se os tipos de feijão (BRASIL, 2008).

Dentre as vantagens do consumo desta leguminosa, destaca-se a baixa quantidade de gordura e o elevado conteúdo de carboidratos complexos, proteínas, vitaminas do complexo B, ferro, cálcio e fibra alimentar, esta contribuindo com a maior sensação de saciedade também conferida ao feijão (BRIGIDE, 2002). Além disso, o Guia cita estudos cujos resultados apontam que o feijão pode apresentar efeito hipocolesterolêmico, hipoglicêmico e de proteção contra câncer do cólon (BRASIL, 2008).

Com relação aos micronutrientes, os feijões são fontes de ferro, no entanto, a biodisponibilidade desse nutriente nesse alimento é baixa e pode estar diminuída pela presença de inibidores de sua absorção (PHILIPPI, 2008). O feijão apresenta em sua composição química, em média, 320 mg de cálcio, 1,17µg de manganês e 9,22 mg de ferro, a cada 100g do alimento (FRANCO, 2008).

O feijão é constituído de 20 a 25% de proteínas, mas o valor nutricional dessas proteínas não é satisfatório, já que não possui todos os aminoácidos essenciais em quantidades significativas como a cisteína e metionina, responsáveis no controle dos níveis de glicose no sangue (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. Com relação ao conteúdo de fibras alimentares, pode variar de 1 a 20%, 60 a 65% de carboidratos, 1 a 3% de lipídios e também de vitaminas, em especial, as do complexo B, como riboflavina,

niacina e folacina. A qualidade nutricional do feijão depende de fatores genéticos, agrônômicos e ambientais.

Precisa-se ainda considerar 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, podem alterar a quantidade, a forma química ou a associação do mineral com outros componentes presentes (LAJOLO; GENOVESE; MENEZES, 1996).

Dentre os componentes secundários do feijão, destacam-se principalmente os compostos fenólicos, substâncias antioxidantes vinculadas a um menor risco no desenvolvimento de alguns tipos de câncer e a uma menor incidência de doenças degenerativas (MACHADO; FERRUZI; NIELSEN, 2008). Apesar desses fatores positivos, os feijões possuem também fatores limitantes, como difícil cozimento, compostos polifenólicos, ácido fítico, fatores de flatulência e baixa digestibilidade protéica.

A dificuldade na digestão do grão também pode ser associada a substâncias de natureza antinutricional, como inibidores de tripsina, proteases e de amilases, lectinas, taninos, fitatos, oligossacarídeos da família Rafinose (rafinose, estaquiose e verbascose). Um processo utilizado para melhorar a digestibilidade é o tratamento térmico, que tem a função de inativar os antinutricionais do feijão (ANTUNES et al., 1995).

2.3. Processamento do Feijão

Os processamentos domésticos e os métodos de cocção são conhecidos por reduzirem os fatores antinutricionais, melhorando o valor nutricional das leguminosas (OLIVEIRA et al., 2001). Os feijões, por serem comercializados na

forma seca, necessitam ser reidratados e processados antes de ingeridos. O feijão pode ser reidratado durante o cozimento, mas sugere-se submetê-lo ao processo de maceração, remolho ou hidratação antes de ser cozido, o que consiste em deixá-lo mergulhado em água para reidratar e amolecer (BOTELHO et al., 2007 ; ORNELLAS, 2007).

O estudo de Eyarú; Shrestha e Arcot (2009) mostraram que de todos os processos de cozimento, realizados para processar e tornar o amido de leguminosas mais digeríveis, em comparação com as sementes cruas, a embebição durante a noite causou uma queda significativa em amido rapidamente digerível e no nível de amido resistente em leguminosas, indicando melhora na digestibilidade deste.

No preparo domiciliar do feijão, a maceração dos grãos crus em água por doze a dezesseis horas, normalmente deixado durante a noite, é prática corrente, porém empírica. Muitas vezes a água de maceração é descartada e, outras vezes, a água é utilizada para o cozimento do feijão. Porém, no meio científico, não há consenso sobre o tempo de maceração e a utilização dessa água no cozimento.

Na literatura aconselham ferver rapidamente (dois minutos) o feijão antes da maceração, a fim de obter uma cocção mais uniforme e eliminar micro-organismos indesejáveis que podem proliferar durante a maceração (CROWFORD, 1966).

Segundo Wright e Treuille (1997) os grãos devem ficar em maceração por 8 a 12 horas em água fria para dobrar o seu peso. Botelho (2007) também relata as duas formas de hidratação, por maceração em temperatura ambiente de dez a quatorze horas ou maceração de uma hora em água quente e após realizar fervura de dois minutos. Como vantagens do processo de maceração do feijão, além do amaciamento da casca dos grãos e da economia de tempo e combustível na cocção, em ambas as técnicas haverá redução de fatores antinutricionais e de flatulência. Ornellas (2007) aconselha a utilização da água de maceração para não haver perda de nutrientes e pigmentos que possam ter se dissolvido na maceração.

Apesar de alguns autores recomendarem o descarte da água de maceração em função da eliminação dos fatores antinutricionais, outros buscam a comprovação dos efeitos benéficos desses compostos bioativos (LIN; LAI, 2006), que podem estar associados à prevenção de patologias.

Diversos estudos que avaliam a qualidade nutricional do feijão realizam as análises nos grãos cozidos e no caldo separadamente, no presente estudo, não foi feita esta distinção, pois se tratam de feijões com características diferenciadas, ou seja, são usados principalmente em saladas, sopas, risotos e não apresentam caldo consistente como os feijões usualmente comercializados no Brasil.

2.4. Parâmetros de Cocção do Feijão

O feijão é cozido utilizando-se calor úmido, processo cujo resultado aumenta o tamanho dos grãos de duas a três vezes. O processamento térmico adequado das proteínas melhora sua digestibilidade, à medida que promove a desnaturação destas, facilitando a ação das proteases no interior da molécula. A cocção ainda aumenta a maciez do grão, o desenvolvimento do sabor e a inativação de fatores antinutricionais indesejáveis (ORNELLAS, 2007; BOTELHO et al., 2007; REIS, 2004).

Segundo Kigel (1999), estudos realizados indicam que o tamanho do grão, conteúdo de proteína, amido e açúcares solúveis, além de lipídeos e minerais influenciam nas características de cozimento. As principais características físicas e químicas relacionadas com a qualidade tecnológica dos grãos são absorção de água antes e após o cozimento, tempo de cozimento, porcentagem de sólidos solúveis no caldo, cor do tegumento e do caldo, teor de fibra dietética, minerais, proteínas e vitaminas.

Bressani (1993) relata em sua revisão que de todas as características de aceitabilidade, o tempo de cozimento é o mais importante dos atributos. O principal

objetivo do processamento térmico do grão é deixá-lo com uma textura adequada para o consumo, além da inativação de fatores tóxicos e se possível sem decréscimo do valor nutricional. O método mais utilizado é o cozimento em água com o grão inteiro ou descascado e pode ser realizado sem ou sob pressão, com ou sem prévia maceração.

A qualidade de cozimento ou 'cookability' pode ser definida como o tempo de cozimento requerido para o feijão atingir a textura aceitável pelo consumidor. A qualidade de cozimento é a principal característica de qualidade do feijão e os fatores que influenciam o tempo de cozimento de variedades comerciais e de linhagens experimentais necessitam ser investigados.

A quantidade de água necessária para o cozimento do feijão é em média três volumes para cocção em panela comum e dois volumes para cocção em panela de pressão, para o feijão já reidratado (BOTELHO et. al., 2007) recomendam três volumes de água para um de grão em panela de pressão e quatro volumes de água em panela comum, podendo chegar a até seis volumes, dependendo da quantidade de caldo desejada.

O tempo de cocção é uma das características avaliadas pelos programas de melhoramento genético, e o aparelho cozedor de Mattson é o equipamento recomendado para determinação desta variável (BRASIL, 2008; PROCTOR; WATTS, 1987).

O cozedor de Mattson de 25 pinos tem sido utilizado, pois corresponde à pressão exercida pela dona de casa entre os dedos para verificar se os grãos estão cozidos (COSTA et al., 2001). Segundo o trabalho de Proctor e Watts (1987), o tempo de queda de 23 dos 25 pinos, que representa 92% dos grãos cozidos, deve ser usado como valor do tempo de cozimento, pois permite uma aceitável textura para a cocção e o grau de maciez preferido nas análises sensoriais, além de fornecer melhor discriminação entre as amostras.

No entanto, esse critério é válido para a cultivar Navy (feijão branco e de grãos pequenos), muito diferente das inúmeras variedades comercializadas com calibre alto como o Red Kidney e Cranberry. Na literatura, percebe-se que diferentes critérios têm sido utilizados para caracterizar o tempo de cozimento. Há trabalhos que consideram o tempo de início do cozimento até a queda do 13º pino do aparelho, caracterizando 52% dos grãos cozidos (DALLA CORTE et al., 2003; CARBONELL et al., 2003; ELIA et al., 1997).

Além disso, diferentes massas de pinos e de diâmetro da ponta do pino têm sido empregadas, e há trabalhos que não fazem referência a esses parâmetros físicos que são de fundamental importância para o cozimento, pois quanto maior for a massa dos pinos, maior será a pressão exercida sobre os grãos, o que teoricamente levará a tempos menores de cozimento. Proctor e Watts (1987) concluíram que o uso do cozedor de Mattson com pinos de 48 g e 5,0 mm de diâmetro foi o mais adequado no cozimento de feijões Navy.

Vindiola, Seib e Hosney (1986) desenvolveram um método diferente baseado em uma avaliação tátil para definir o tempo de cocção de feijões, sendo considerados cozidos os feijões que, ao apertá-los entre o dedo indicador e o polegar, seu cotilédone amassava completamente e estando livre de granulações.

Alguns autores têm estudado os fatores que influenciam o tempo de cozimento do feijão. Paredes-López, et al. (1989) observaram que a localização do cultivo, e o conteúdo de cálcio e magnésio do solo influenciam o tempo de cozimento do feijão recentemente colhido e estocado sob altas temperaturas e umidade, além de influenciar a firmeza e a cor do feijão.

Lu e Chang (1996) pesquisaram atributos da qualidade de feijão Navy enlatado e verificaram que, quando o feijão foi deixado em maceração em água contendo 2,5 mM de CaCl_2 , houve diminuição na solubilidade da pectina do grão e aumento na firmeza do grão cozido, demonstrando correlação negativa entre estes

parâmetros, aumento da firmeza quando os grãos foram deixados em maceração em água contendo Ca^{2+} .

Gonzáles, et al. (2006) estudaram o efeito da variação genética e das condições de cultivo sobre a qualidade de 67 variedades de feijão comercializadas principalmente na Europa. Os autores observaram que o genótipo e o local de cultivo podem afetar a qualidade nutricional e físico-química dos grãos.

Philippi (2003) e Ornellas (2008) salientam que o tempo de processamento térmico pode variar com a temperatura da panela e a variedade do grão. O método em panela convencional pode precisar de duas a três horas para cozinhar o feijão e, o método em panela de pressão pode reduzir esse tempo para quinze a trinta minutos. Jangchud e Bunnag (2001) indicaram 30 minutos em panela convencional para o feijão Red Kidney e 10 minutos em panela de pressão. Ashaye (2008) recomenda 26 minutos para cultivares de feijão caupi.

O cozimento do feijão ou a textura do produto cozido são influenciados por diversos fatores, tais como, variedade do feijão, composição química, pré-tratamento por maceração em água ou soluções salinas. Estes fatores podem modificar a qualidade do cozimento do feijão por alterar as relações físicas e químicas dos constituintes celulares e intracelulares (REYS-MORENO e PAREDES-LÓPEZ, 1993).

2.5. Textura do Feijão

A textura é uma manifestação sensorial e funcional das propriedades estrutural, mecânica e de superfície dos alimentos detectada pelos sentidos do tato, visão, audição e sinestésica (SZCZESNIAK, 2002; ANZALDÚA-MORALES, 1994). Os analisadores de textura detectam e quantificam certos parâmetros físicos que posteriormente são interpretados em termos de percepção detectável. É um atributo

de múltiplos parâmetros, e é derivado da estrutura do alimento, sendo detectável por vários sentidos, os mais importantes são o tato e a pressão.

Vários são os equipamentos e/ou métodos projetados para a avaliação do parâmetro em textura de alimentos. Bourne (1966) os classifica em empíricos, imitativos, fundamentais e ideais, com base nas variáveis: força, distância e tempo.

A textura é, provavelmente, o mais importante atributo de qualidade do feijão, pois pode ser sensivelmente alterada pelo tempo e condições de armazenamento. Fatores como variedade, local, ano de produção, colheita e estocagem, tempo de maceração e temperatura desta maceração também alteram a textura do feijão.

Shimiles e Rakshit (2005) avaliaram a composição e as propriedades físico-químicas de oito variedades de feijões cultivados na Etiópia. Verificaram que a dureza dos grãos tem uma correlação positiva com o tempo necessário para o cozimento. Verificaram também que a dureza tem uma correlação negativa com a capacidade de hidratação. A estocagem em condições inadequadas (altas temperaturas e umidade relativa) resulta em aumento do tempo de maceração e de cozimento e também aumento na dureza final dos grãos de feijão (YOUSIF et al., 2002; BARRON et al., 1995).

A textura pode ser definida como a manifestação sensorial da estrutura interna dos produtos em termos de:

- reação à força medida como propriedades mecânicas (dureza/firmeza, adesividade, coesividade, gomosidade, elasticidade);
- propriedades táteis.

A dureza é uma propriedade física primária, sendo a força necessária para produzir certa deformação e sensorialmente é a força requerida para compressão de uma substância entre os dentes molares ou entre a língua e o palato. A coesividade também é uma propriedade física primária, sendo a extensão a que um material pode ser deformada antes da ruptura e sensorialmente é o grau ao qual uma substância é comprimida entre os dentes, antes de romper.

A mastigabilidade é uma propriedade física secundária, sendo a energia requerida para mastigar um alimento sólido até a deglutição, é o produto- dureza x coesividade x elasticidade. Sensorialmente é o tempo requerido para mastigar uma amostra para reduzi-la à consistência adequada para a deglutição.

A análise de textura de alimentos sólidos e semi-sólidos pode ser realizada pelo método TPA (Texture Profile Analysis – Análise do Perfil de Textura), (SARMIENTO-CONSOLE, 1998) aplicável tanto para medidas sensoriais, com para instrumentais. O método instrumental baseia-se em comprimir o alimento pelo menos duas vezes e quantificar parâmetros mecânicos a partir de curvas força-deformação. Excelentes correlações entre análise de textura experimental e sensorial foram encontradas para o parâmetro firmeza (SZCZESNIAK, 2002).

2.6. Adição de Sal e a Redução no Tempo de Cocção

O tempo de cocção é fator fundamental para a aceitação de uma cultivar de feijão pelos consumidores, já que a disponibilidade de tempo para o preparo das refeições serem muitas vezes, restrita (BASSINELO, 2005).

A aplicação de processos químicos e físicos combinados pode levar à redução do tempo de cozimento dos grãos, o que viria facilitar o processo de cozimento, gerando um produto de maior aceitação pelo consumidor. Na literatura encontram-se exemplos do uso das técnicas de maceração, combinadas a sais de sódio, com o objetivo de reduzir o tempo de cocção de leguminosas (BASSINELO, 2005).

Uma estratégia a ser utilizada na tentativa de diminuir o tempo de cocção de grãos de feijão é a adição de sódio na água de hidratação, o qual quebra as ligações de pectato de cálcio e magnésio do tegumento facilitando a absorção de água. A possibilidade de redução no tempo de cocção de grãos quando hidratados, viabiliza

o planejamento e o emprego de metodologias alternativas com o mesmo propósito (ELIAS, 1992).

Paredes-López, et al. (1991) avaliaram a maceração de grãos de feijão envelhecidos, com a adição de cloreto e bicarbonato de sódio no processo. Verificaram que o tempo de cozimento em grãos com defeito “*hard-to-cook*” (HTC – difícil de cozinhar) é consideravelmente reduzido por meio destas técnicas, devido às alterações na textura.

Urga et al. (2006), com o objetivo de processar ervilhas (*Lathyrus sativus*) de cozimento rápido, utilizaram a maceração com soluções contendo bicarbonato de sódio, ácido cítrico e cinzas de madeira. Verificaram que ocorre redução significativa no tempo de cozimento quando são utilizadas estas soluções na maceração.

De acordo com Mattson et al. (1950) citados por Bassinello et al. (2005), o sódio é um componente que pode ser empregado na maceração para reduzir o tempo de cocção, possibilitando a quebra das ligações de pectato de cálcio e magnésio presentes no tegumento facilitando a absorção de água.

2.7. Compostos Bioativos

O feijão, assim como outras leguminosas, contém vasto teor de compostos bioativos, tais como: inibidores enzimáticos, lectina, fitato, oligossacarídeos e polifenóis (principalmente taninos). Esses compostos desempenham efeitos positivos, negativos ou ambos, e assim, alguns deles são considerados fatores antinutricionais ou assumem efeitos preventivos a algumas doenças (DÍAZ-BATALLA et al., 2006). Podem ainda auxiliar na redução da glicemia, doenças cardiovasculares, de diabetes, do sobrepeso (NAGURA et al., 2009; BAZZANO et al., 2001), possui capacidade antioxidante (XU, CHANG, 2009; MACHADO; FERRUZZI; NIELSEN, 2008) e capacidade antiinflamatória (OOMAH; CORBÉ; BALASUBRAMANIAN, 2010).

2.7.1. Antioxidantes

Os antioxidantes são moléculas naturais, que previnem a formação descontrolada de radicais livres e espécies reativas de oxigênio ou que inibem a sua reação com as estruturas biológicas, interrompendo a reação em cadeia e formando radicais com baixa reatividade, sendo neutralizados por ação de outro radical, formando produtos estáveis ou que podem ser reciclados por outro antioxidante (VALKO et al., 2004). Quando a disponibilidade de antioxidantes é reduzida, podem ocorrer lesões oxidativas de caráter cumulativo. Os antioxidantes são capazes de estabilizar ou desativar os radicais livres antes que ataquem os alvos biológicos nas células (SOUSA et al., 2007).

As reações de radicais livres em cadeia podem interferir no funcionamento das células e causar efeitos acumulativos ao longo de alguns anos e desenvolver doenças graves, como o câncer, doenças cardiovasculares e neurodegenerativas. Os antioxidantes são agentes de redução, podendo interromper a reação em cadeia dos radicais livres, por meio de sua própria oxidação (KAUR; KAPOOR, 2001; HALLIWEL, 1996).

Nos seres vivos, a produção de radicais livres é controlada por diversos compostos antioxidantes, os quais podem ter origem endógena (superóxido dismutase, a catalase e a peroxidase) ou serem provenientes da dieta alimentar, entre outras fontes. São exemplos os tocoferóis, ácido ascórbico, polifenóis, selênio e os carotenóides (VALKO et al., 2006).

Os sistemas antioxidantes de defesa do corpo humano não são suficientes para combater o estresse oxidativo, sendo necessária a obtenção e consumo de antioxidantes pela alimentação (KAPOOR, 2001; HALLIWEL, 1996; KAUR).

A eficácia da ação antioxidante dos componentes bioativos depende de sua estrutura química e da concentração destes fitoquímicos no alimento, cujo teor é amplamente influenciado por fatores genéticos, condições ambientais, grau de maturação, variedade da planta, entre outros. Além disso, o processamento dos alimentos pode afetar o teor, a atividade e a biodisponibilidade destes compostos, uma vez que podem ser degradados ou lixiviados para a água de cocção (NICOLI; ANESE; PARPINEL, 1999).

De acordo com seu modo de ação, os antioxidantes, podem ser classificados em primários e secundários. Os primários atuam interrompendo a cadeia da reação através da doação de elétrons ou hidrogênio aos radicais livres, convertendo-os em produtos termodinamicamente estáveis e/ou reagindo com os radicais livres, formando o complexo lipídio-antioxidante que pode reagir com outro radical livre (ANGELO; JORGE, 2007).

Os antioxidantes secundários atuam retardando a etapa de iniciação da autooxidação por diferentes mecanismos que incluem complexação de metais, sequestro de oxigênio, decomposição de hidroperóxidos para formar espécie não-radical, absorção da radiação ultravioleta ou desativação de oxigênio singlete (ANGELO; JORGE, 2007). Os compostos fenólicos são incluídos na categoria de interruptores de radicais livres, sendo muito eficientes na prevenção da autooxidação. Os antioxidantes fenólicos interagem, preferencialmente, com o radical peroxil por este ser mais prevalente na etapa da autooxidação e por possuir menor energia do que outros radicais, fato que favorece a abstração do seu hidrogênio (MOREIRA; MANCINI-FILHO, 2004).

A captação de radicais é o principal mecanismo de ação dos antioxidantes nos alimentos. Têm-se desenvolvido vários métodos em que se mede a capacidade antioxidante através da captação de radicais livres sintéticos em solventes orgânicos polares, por exemplo, metanol, a temperatura ambiente. Sendo os métodos mais utilizados em alimentos são os que utilizam os radicais DPPH (1,1-difenil-2-

picrilhidrazila) e o ABTS (2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolina-acidosulfonico)) (BONETT, 2007).

No método de DPPH, aplicado a extratos, mede-se a captação deste radical através da diminuição da absorbância, que acontece devido à redução de um antioxidante ou por reação com radicais, havendo uma alteração da coloração original, violeta escura, para a cor amarela clara. Quanto maior for esta alteração da coloração mais DPPH reduzido e, portanto, maior capacidade antioxidante do composto (ZULUETA; ESTEVE; FRÍGOLA, 2008; MOLYNEUX, 2004).

O radical catiônico ABTS é mais reativo que o radical DPPH, logo a reação ocorre completamente após 1 minuto. O método consiste no uso de persulfato de potássio para oxidar o ABTS ao seu radical catiônico. A atividade de captação de radicais pelo método ABTS se expressa em valor TEAC (capacidade antioxidante equivalente trolox) (KOLEVA et al., 2002).

Lima et al. (2009), considerando a importância da atividade antioxidante na redução do radical livre, mediram a capacidade dos extrato etanólico do feijão-caupi em sequestrar o radical DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil) e com base nestes dados evidenciaram que aos 15 minutos iniciais, todas as amostras apresentaram um porcentual de inibição da oxidação, superior a 70%; e entre 30 e 45 minutos ocorreu uma elevação para 78,98% a 83,21% de inibição.

2.7.1.1. Compostos Fenólicos

Os compostos fenólicos são originados no metabolismo secundário das plantas, sendo essenciais para o seu crescimento e reprodução. Os fenólicos englobam desde moléculas simples até moléculas com alto grau de polimerização. Estão presentes nos vegetais na forma livre ou ligados a açúcares (glicosídeos) e proteínas e são incluídos na categoria de interruptores de radicais livres, sendo muito eficientes na prevenção da autooxidação (SHAHIDI; NACZK, 1995).

Quimicamente, os fenólicos são definidos como substâncias que possuem anel aromático com um ou mais substituintes hidroxílicos, incluindo seus grupos funcionais. Possuem estrutura variável e com isso, são multifuncionais. Existem cerca de cinco mil fenóis, dentre eles, destacam-se os flavonóides, ácidos fenólicos, fenólicos simples, cumarinas, taninos condensados, ligninas e tocoferóis (ANGELO; JORGE, 2007).

Alguns estudiosos classificaram os compostos fenólicos em três categorias: pouco distribuídos na natureza, polímeros e largamente distribuídos na natureza. Nos compostos fenólicos pouco distribuídos na natureza encontram-se os fenóis simples, o pirocatecol, a hidroquinona e o resorcinol (SOARES, 2002). Os polímeros são alguns fenólicos que não se apresentam na forma livre nos tecidos vegetais, esta família engloba os taninos e as ligninas. Na família dos compostos largamente distribuídos na natureza estão os flavonóides (antocianinas, flavonóis e seus derivados), ácidos fenólicos (ácidos benzóico, cinâmico e seus derivados) e cumarinas (ANGELO; JORGE, 2007).

Nos alimentos, os compostos fenólicos podem contribuir com a cor, sabor, principalmente pelo sabor amargo e adstringência, odor e estabilidade oxidativa dos alimentos que os contêm (SHAHIDI; NACZK, 2004), embora em alguns alimentos os compostos fenólicos não proporcionam sabor amargo e adstringente.

Em adição ao valor nutritivo de feijões, significativa quantidade de compostos fenólicos é encontrada no tegumento, tais como os ácidos fenólicos, flavonóides e antocianidinas (MADHUJITH; SHAHIDI, 2005).

2.7.1.2. Flavonóides

A cor é um dos mais importantes atributos de qualidade de um alimento, exercendo uma enorme influência em seu valor estético e servindo de base para a aceitação de uma grande variedade de produtos alimentícios por parte dos

consumidores. Em produtos naturais, a maioria das substâncias responsáveis pela coloração pertence à classe dos flavonóides (STRINGHETA, 1991). Os flavonóides são estruturas polifenólicas de baixo peso molecular encontradas naturalmente nos vegetais, sua estrutura básica consiste de 15 carbonos distribuídos em dois anéis aromáticos, interligados via carbono heterocíclico do pirano. (DREOSTI, 2000).

Conforme o estado de oxidação da cadeia heterocíclica do pirano, têm-se diferentes classes de flavonóides: antocianinas, flavonóis, flavonas, isoflavonas e flavononas (CHEYNIER, 2005).

Em seres humanos e animais, os flavonóides apresentam efeitos potenciais como antioxidante, antiinflamatório, antimicrobiano, protetor cardíaco, analgésico, antialérgico, anti-câncer, anti-diabético, antiúlcera (SIMÕES et al., 2003).

2.7.1.3. Antocianinas

As antocianinas fazem parte do grupo dos flavonóides, caracterizados pelo núcleo básico flavílio (cátion 2-fenilbenzopirílio) que consiste de dois anéis aromáticos unidos por uma unidade de três carbonos e condensados por um oxigênio. As antocianinas são pigmentos naturais amplamente distribuídos em vegetais consumidos na dieta humana, tais como feijões, frutas e verduras. (DEGÁSPARI; WASZCZYNSKYJ, 2004).

Devido às características de sua estrutura, as antocianinas possuem a capacidade de doar elétrons, estabilizando radicais livres, agindo assim como antioxidantes naturais (PRIOR, 2003; WANG; CAO; PRIOR, 1997), sendo comprovados por diferentes estudos, que confirmam seu potencial antioxidante (MAZZA et al., 2002; SMITH et al., 2000; TSUDA et al., 1994).

Diversos estudos têm-se centrado no isolamento e caracterização de pigmentos assim como na sua contribuição para a cor do tegumento do feijão (HEIMLER et al., 2005). Em estudo de Há, Noh e Lee (2010) foram identificados

cinco tipos de antocianinas no feijão-caupi: delphinidina 3-glicósido, cianidina 3-glicósido, petunidina 3-glucósido, peonidina 3-glucósido e malvidina 3-glucósido. Dodson, Murphy e Morelock, (2005), obtiveram três tipos de antocianinas em feijão-caupi: delphinidina 3-glicósido, peonidina 3-glucósido e outro tipo desconhecido em sementes de outros genótipos e, concluíram que essas são as principais antocianinas presentes nessa leguminosa.

2.8. Fatores Antinutricionais

A biodisponibilidade de um nutriente relaciona-se com a capacidade do organismo em utilizá-lo após sua ingestão. Os alimentos possuem em sua composição componentes químicos que causam diminuição da utilização orgânica de alguns nutrientes, sendo tais compostos denominados fatores antinutricionais. Os fatores antinutricionais como os fenólicos, ácido fítico, entre outros, quando ingeridos, ocorre redução na digestibilidade proteica (SGARBIERI; WHITAKER, 1982), assim como efeitos indesejáveis na digestão relacionados à flatulência (OLIVEIRA et al., 2001).

As sementes das leguminosas contêm diversos compostos com efeitos negativos sobre seu valor nutritivo, como os inibidores de tripsina, os fitatos, os polifenóis (principalmente taninos, nos feijões) e oligossacarídeos (rafinose e estequiose). Esses compostos são conhecidos como fatores antinutricionais ou, conforme alterações de conceito ainda em processo de discussão, compostos bioativos, por apresentarem também efeitos benéficos (LIN; LAI, 2006).

Alguns são termolábeis, desaparecendo após cozimento adequado. Outros são termoestáveis, podendo dissipar-se por dissolução em água (HARO, 1983; SILVA; SILVA, 1999).

2.8.1. Taninos

Tanino é um termo químico usado para descrever uma ampla classe de compostos, que inclui todos os polifenóis em plantas com peso molecular superior a 500 (WELCH et al., 2000).

Em grãos de feijão, estes metabólitos encontram-se principalmente no tegumento e, juntamente com as antocianinas, determinam a cor, tonalidade e intensidade dos grãos. O conteúdo de taninos varia de acordo com a coloração da casca (FRAGA, 2009).

Foi verificado que o conteúdo de taninos em feijões depende, em grande parte, da presença ou não do tegumento e de sua coloração, pois o branco possui quantidades muito baixas, enquanto o vermelho e o preto têm níveis significativamente maiores (PEREIRA; COSTA, 2002).

2.8.2. Ácido Fítico

O ácido fítico 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 (DOMÍNGUEZ; GÓMEZ; LÉON, 2002; SILVA; SILVA, 1999).

Na maioria das sementes de leguminosas, o fósforo fítico constitui aproximadamente 80 % do fósforo total (DOMÍNGUEZ; GÓMEZ; LÉON, 2002). Vários complexos insolúveis formados pelo ácido fítico com minerais, como o cálcio, o zinco, o ferro e o magnésio, podem torná-los indisponíveis, dependendo da concentração de ambos (ácido fítico e minerais) no alimento, das condições do

processamento, da digestão ou hidrólise do fitato pela fitase e da capacidade da mucosa intestinal para absorver minerais (BONETT, et al.,2007).

O fitato pode ser considerado bastante estável ao calor (DESHPANDE, 1992). Tanto a maceração em temperatura ambiente quanto a cocção do feijão, não alteram o seu conteúdo de ácido fítico. No entanto, foi constatada uma correlação inversa entre tempo de cozimento de feijões e teor de ácido fítico, ou seja, quanto maior o tempo de cozimento menor o teor de ácido fítico (DELFINO, et al., 2010).

2.9. Análise Sensorial

A análise sensorial é uma ciência multidisciplinar que utiliza um grupo de pessoas que utilizam os sentidos (visão, olfato, paladar, tato e audição) para evocar, medir, analisar e interpretar características sensoriais e a aceitabilidade dos produtos alimentícios, e muitos outros materiais (LAWLESS e HEYMANN, 1998; STONE e SIDEL, 1993; WATTS et al.,1992).

São muitas as aplicações da análise sensorial na indústria de alimentos e nas instituições de pesquisa como: controle do desenvolvimento de um novo produto, avaliação do efeito das alterações nas matérias-primas ou no processamento tecnológico sobre o produto final, redução de custo, seleção de nova fonte de suprimento, controle de qualidade entre outros (DUTCOSKY, 1996).

A qualidade sensorial não é uma característica própria do alimento, mas sim o resultado da interação entre esse alimento e o homem. É uma resposta individual, que varia de pessoa para pessoa, em função das experiências, de expectativas, do grupo étnico e de preferências individuais (GULARTE, 2009).

Assim, os atributos que condicionam a aprovação ou a rejeição de um produto pelo consumidor podem ser analisados por avaliadores não-treinados ou treinados. Utilizar avaliadores não-treinados é mais simples, pois, apesar de ser constituído por um grande número de pessoas (40-50 pessoas), necessita-se desse grupo para

uma única participação apenas. Entretanto, quando se utiliza avaliadores treinados é necessário que este grupo (7-12 pessoas) frequente assiduamente algumas semanas de treinamento, o que o torna mais complexo, pois dependerá da disponibilidade de tempo e do interesse de cada integrante da equipe sensorial de participar de maior número de encontros (GILLETE, 1984).

Análise descritiva é um termo geralmente usado para os métodos descritivos que identificam, quantificam e descrevem os atributos sensoriais do alimento por meio de pessoas treinadas (PIGOTT et al.,1998). A análise descritiva é o mais sofisticado dos métodos disponíveis quando comparada com métodos de discriminação e afetivos. A análise descritiva quantitativa (ADQ) pode ser considerada como a primeira fase na caracterização sensorial de um alimento, desde que uma terminologia pré-definida para descrever as percepções sensoriais seja empregada (MOSKOWITZ, 1983). Na ADQ, os testes são realizados em cabines individuais e as amostras são codificadas. Escalas de intervalo são utilizadas para medir a intensidade de percepção dos atributos sensoriais (DUTCOSKY, 1996).

O Teste de Avaliação de Atributos é um teste derivado do ADQ, que avalia todas as características do produto, através de escalas, que determinam a intensidade de cada atributo sensorial presente na amostra. Este teste se diferencia do ADQ pelo fato que o pesquisador é quem determina os atributos, e não os julgadores (DUTCOSKY, 1996).

Entre as culturas de grãos, o feijoeiro é a que exhibe o mais alto nível de variabilidade quanto à cor, tamanho e forma da semente, sendo que estas características influenciam as pessoas quanto à preferência por determinada variedade (EMBRAPA, 2014).

Apesar da grande produção e consumo de feijão no Brasil, há carência de estudos que caracterizam aparência, aroma, textura e sabor dos grãos das diversas variedades de feijão, ou seja, na maioria das vezes não se conhece o perfil sensorial

dos grãos de feijão, principalmente daquelas variedades melhoradas geneticamente.

A recomendação de novas cultivares de feijão tem sido feita em função de suas características agrônômicas, como a produtividade e resistência as principais doenças que atacam o feijoeiro. Porém, os pesquisadores do Programa de Melhoramento Genético do Feijoeiro têm reconhecido a importância das características físicas e sensoriais dos grãos de cultivares de feijão na sua aceitação pelos consumidores (CARNEIRO et al., 2005).

Os testes afetivos quantitativos são utilizados para avaliar as respostas dos consumidores em relação às suas preferências, gostos, opiniões e atributos sensoriais dos produtos. O Teste de Preferência é um dos métodos utilizados com esse fim. A preferência é uma expressão do mais alto grau de gostar, é a escolha de um produto sobre outro. É um teste de consumidor que representa o somatório de todas as percepções sensoriais e incluem todos os atributos que diferenciam as amostras ou caracterizam um produto. Têm o objetivo de avaliar a preferência do consumidor ao comparar dois ou mais produtos e não fornece medidas de aceitação desse produto (GULARTE, 2009).

2.10. Desenvolvimento de produtos de Panificação

A introdução de alimentos funcionais na panificação tem aumentado em grande escala nos últimos anos, devido ao interesse com a saúde e bem-estar da população. O objetivo principal do uso de farinhas mistas em produtos de panificação é substituir parcialmente ou totalmente a farinha de trigo para fornecer ao consumidor produtos com maior qualidade nutricional (OLIVEIRA et al., 2007; COLPO et al., 2006)

Muitos produtos de panificação têm sido desenvolvidos com a finalidade de implementar a formulação em termos nutricionais, especialmente com relação ao

teor de fibras e proteínas, visando atender, principalmente, aos crescentes grupos da população preocupados com o consumo de alimentos mais saudáveis (SILVA, 1997; SULTAN, 1986; MANLEY, 1983).

Atualmente, o consumo de bolos está em constante crescimento, reflexo de um mercado consumidor que busca alimentos prontos, de fácil preparo, faz a maior parte das refeições fora de casa, dispõe de pouco tempo para se dedicar a tarefa de preparo de refeições, julgam o preço do produto antes da aquisição e primam por alimentos com qualidade sensorial, nutricionais e benéficos à saúde (BARBOSA, 2002).

No intuito por satisfazer as exigências dos consumidores, aliado a atingir uma ampla faixa de clientes, incluindo os mais preocupados com o valor nutritivo, os adeptos a alimentação “glúten free”, e os alérgicos em especial as proteínas do glúten, os bolos que antes tinham por ingrediente base estrutural a farinha de trigo, começam a ser foco de pesquisas, com o objetivo da exploração de outras fontes alimentares que possam ser utilizadas como ingrediente na formulação (GULARTE, et al., 2012).

O uso concomitante de fonte leguminosa e cereal, são misturas que agregam valor nutricional no produto permitindo desenvolver formulações com maior teor e qualidade protéica uma vez que o perfil de aminoácidos de leguminosas e cereais se complementam, o que contribui para uma dieta adequada (NICOLETTI, et al., 2007).

Agregando, a funcionalidade do feijão, principalmente porque é muito consumido pela população em geral, e em especial, pela população carente, a popularidade dos bolos e o crescente consumo de produtos integrais pela população, o bolo integral enriquecido com farinha de feijão representa uma opção de alimento para enriquecimento da dieta em proteínas, minerais e fibras (PIRES, et al., 2005).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Materiais

Foram utilizados grãos de feijão das cultivares da classe comercial Red Dark Kidney – BRS Embaixador, da classe comercial Cranberry – BRS Executivo, ambos pertencentes ao grupo I (MAPA, 2014), produzidos na Fazenda Capivara, da Embrapa Arroz e Feijão, em Santo Antônio de Goiás, Goiás. Foi utilizado também o feijão-caupi da classe comercial Branco, grupo II segundo o MAPA (2014) - BRS Novaera produzido na Fazenda Horizonte, da empresa de sementes Tomazetti em Primavera do Leste, Mato Grosso. Safras 2013-2014. Após a colheita, as amostras foram limpas e apenas os grãos inteiros e sem defeitos foram selecionados.

3.2. Métodos

3.2.1. Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado foi o completamente casualizado em esquema bifatorial, em três repetições, conforme a tabela 1.

Tabela 1 - Delineamento experimental para avaliar o efeito dos processamentos nas propriedades tecnológicas, sensoriais e nutricionais de feijão comum e caupi

Cultivares	Variáveis Independentes	Variáveis Dependentes
BRS Executivo	Cru	Massa de 1000 grãos
		Dimensões
		Cor do tegumento
		Composição centesimal
BRS Embaixador	Sem maceração	Índice de proteínas hidrossolúveis
		Coeficiente de hidratação
		Tempo de cocção
		Textura
BRS Novaera	Com água de maceração	Adição de sais
		Fenóis totais
		Fenóis simples
		Antioxidantes
BRS Novaera	Sem água de maceração	Taninos
		Ácido fítico
		Análise sensorial

3.2.2. Preparo da Amostra

Os grãos foram transportados para o Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos, do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel – Universidade Federal de

Pelotas, onde foram conduzidas as etapas de armazenamento e análise, apresentando as amostras umidade inicial de 10%.

Os três feijões crus foram moídos em moinho de facas (Perten, 3100) e secos em estufa a 105 °C até obtenção de peso constante. Todos os feijões também passaram pelo processo de maceração, adicionando-se 750 mL de água destilada para cada 150g de grãos de feijão (na proporção de 1 medida de grão para 5 medidas de água. Esses feijões ficaram hidratando (maceração) *overnight*, por um período de 12 horas em temperatura ambiente.

Após a maceração, amostras de cada processamento foram colocadas para cozinhar em panela convencional, em três circunstâncias: com a própria água de maceração, descartando a água de maceração e utilizando nova quantidade de água para cozinhar, além das amostras que não foram deixadas em maceração e foram colocadas diretamente para cozinhar.

O tempo de cocção foi avaliado subjetivamente por pressão dos feijões entre placas de *petri* de vidro. As cultivares previamente maceradas, antes do cozimento, apresentaram um maior grau de amolecimento. Quando não foram maceradas apresentaram uma resistência a pressão mais dura.

Para a avaliação do perfil texturométrico dos grãos cozidos, 10 grãos foram selecionados utilizando os diferentes processamentos. Adotando-se o tempo de cocção de cada amostra.

3.2.3. Armazenamento

As amostras foram armazenadas em sacos de polietileno de 1Kg de grãos, em ambiente refrigerado a $-20\pm 1^{\circ}\text{C}$, onde ficaram armazenadas até o momento das determinações.

3.2.4. Avaliações

3.2.4.1. Caracterização Físico-Química dos Grãos

3.2.4.1.1. Massa de Mil Grãos

Foram contados mil grãos de cada amostra, em 4 repetições, e pesados em balança de precisão (BRASIL, 2014).

3.2.4.1.2. Dimensões

As dimensões dos grãos de cada cultivar foram determinadas com o uso de um paquímetro digital, através da determinação do comprimento, da largura e da espessura de 100 grãos com três repetições (COSTA, 2001).

3.2.4.1.3. Cor do tegumento

A cor do tegumento de grãos inteiros e uniformes foi determinada com o uso de um colorímetro Minolta modelo CR-300, o qual indica as cores em um sistema tridimensional. O eixo vertical L^* aponta a cor da amostra do preto ao branco, o eixo a^* da cor verde ao vermelho e o eixo b^* da cor azul ao amarelo. Foram feitas 10 determinações para cada amostra, as quais foram realizadas, colocando-as em um recipiente de 22 cm de diâmetro e três cm de altura, em que o feijão cobria completamente o fundo do recipiente. A amostra foi medida em uma área de 19,6 cm² (LAWLESS, 1998).

3.2.4.1.4. Composição Centesimal

O teor de água dos grãos de feijão, usado para expressar os demais resultados da composição centesimal em base seca, foi determinado de acordo com as recomendações da ASAE (2000). As análises dos teores de cinzas, proteína bruta, lipídios e fibras, foram realizadas de acordo com a metodologia indicada pela AOAC (2006). O teor de carboidratos foi determinado por diferença. Os resultados das análises, feitas em triplicatas e, expressos em porcentagem.

3.2.4.1.5. Índice de Proteínas Hidrossolúveis

A solubilidade da proteína em água foi determinada de acordo com o método descrito por Liu, McWatters e Phillips (1992). Um grama de amostra foi misturado em 50 mL de água destilada, sob agitação. O material foi centrifugado a 5300 x g, por 20 minutos, e o teor de proteína determinado no sobrenadante. Os valores de proteína total e no sobrenadante foram determinados pelo método de *Kjeldahl*, utilizando-se o fator de conversão 6,25. A solubilidade da proteína foi calculada pela equação 1:

$$\text{ÍPH} = \frac{\text{massa de proteína no sobrenadante}}{\text{massa de proteína na amostra}} \times 100 \quad (1)$$

Onde: ÍPH: índice de proteínas hidrossolúveis (%)

3.2.4.2. Processamento do Feijão

3.2.4.2.1. Maceração

Foram selecionados 150g de grãos de feijão para cada processamento em

que foi submetido. Os processamentos foram feitos nas três cultivares de feijão e utilizados para a realização das determinações a seguir (BOTELHO, 2007).

3.2.4.2.2. Coeficiente de Hidratação

O coeficiente de hidratação foi estabelecido de acordo com o método descrito por El-Refai, et al., (1988) e Nasar-abbas, et al., (2008). Os grãos (100 g) foram embebidos em 350 mL de água destilada (proporção de 1:3,5) à temperatura ambiente (25°C). Após 12 horas, os grãos foram removidos da água de maceração e procedeu-se a remoção de água livre, usando-se um papel absorvente antes da pesagem. O ganho de peso foi considerado como a quantidade de água absorvida e expressa como coeficiente de hidratação (*Cf.H.*), calculado pela equação 2:

$$Cf.H. = \frac{PU}{PS} \times 100 \quad (2)$$

Onde: *Cf.H.*: Coeficiente de hidratação (%); *PU*: peso dos grãos após hidratação; *PS*: peso dos grãos antes da hidratação.

3.2.4.3. Parâmetros de Cocção

3.2.4.3.1. Tempo de Cocção

A cocção foi feita em panela convencional de alumínio. As amostras sem maceração foram acrescidas de 750 mL de água destilada para cozinhar e após começar a fervura, foi marcado o começo do tempo de cocção. As amostras maceradas que se descartou a água de maceração foram acrescidas de 750 mL de

água destilada para cozinhar. No processamento, em que houve a maceração sem o descarte da água, essa mesma água foi usada para o cozimento dos feijões.

Devido à falta de padronização do critério utilizado para caracterizar o tempo de cozimento dos grãos de feijão com alto calibre, o cozedor *Mattson* não foi utilizado no presente estudo. Análises prévias foram realizadas no cozedor, demonstrando a impossibilidade desse aparelho para esses feijões.

Para verificar se os feijões estavam cozidos, prontos para o consumo, foi realizada uma avaliação utilizando método tátil de Vindiola, Seib e Hosney (1986), com modificações, aplicado para determinar o tempo de cocção de todos os tratamentos. Foi definido que esse tempo de cocção seria quando 90% dos feijões poderiam ser apertados facilmente com o dedo indicador e o polegar indicando o amolecimento do grão. Então se fez essa verificação pressionando os grãos em placas de vidro e, quando não mais se visualizou o centro do grão de feijão com coloração branca concluiu-se o melhor tempo de cocção.

3.2.4.3.2. Perfil Texturométrico

O perfil texturométrico dos grãos cozidos foi determinado, por teste, utilizando-se um único grão, o qual foi colocado na base do equipamento (*Stable Micro Systems Texture Analysers*, modelo TA.XT plus, fabricado na Inglaterra) e submetido a uma compressão de 80% com uma sonda cilíndrica de 40 mm de diâmetro e velocidade do teste de 1 mm.s^{-1} , em dois ciclos, empregando-se carga de 5 Kg para calibração. Os parâmetros dureza (força máxima durante o primeiro ciclo de compressão ou primeira mordida, também denominada firmeza), coesividade (razão entre as áreas de força positiva durante a segunda compressão e durante a primeira compressão) e mastigabilidade (produto de gomosidade e elasticidade)

foram determinados conforme descrito por Bourne (1978). O resultado foi expresso pela média de dez repetições.

3.2.4.3.3. Adição de Sal

Os grãos das três cultivares foram submetidos à análise de tempo de cocção e perfil texturométrico com maceração em soluções salinas. A maceração em soluções salinas foi realizada em água destilada com adição de 10g /100 mL de NaCl e com 10g/100mL de KCl durante 12 horas a 25 °C. Análises prévias foram realizadas com diferentes concentrações desses sais, obtendo-se os melhores valores para a concentração de 10%. Após a embebição, os grãos foram submetidos ao teste de cocção, utilizando o método tátil descrito no item 3.2.4.3.1.

Obtendo-se o tempo de cocção realizou-se o perfil texturométrico no texturômetro avaliando os parâmetros: dureza, coesividade e mastigabilidade.

3.2.4.4. Compostos Bioativos

3.2.4.4.1. Determinação da Capacidade Antioxidante - Método DPPH

A capacidade antioxidante foi realizada de acordo com o método DPPH (2,2-difenil-1-picrihidrazila) adaptado de Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995). Os valores de DPPH foram expressos em micromoles de Trolox equivalente por grama de feijão usando a curva de calibração do Trolox. A faixa de linearidade da curva de calibração foi de 100-2000 μ M. Este método se baseia na transferência de elétrons de um composto antioxidante (presente nas amostras) para um radical livre, o DPPH (DUARTE-ALMEIDA, et al., 2006).

Para realizar o extrato pesou-se 0,8 g de amostra e acrescentou-se 10 mL de etanol P.A., após o extrato foi centrifugado a 6000 rpm por 10 minutos.

A solução padrão de DPPH foi feita com 0,042g de DPPH dissolvidos em etanol P.A. A solução diluída foi preparada com uma alíquota de 10mL de solução padrão de DPPH em 45mL de etanol P.A. Foi certificado que a absorbância inicial a 515 nm da solução diluída estava em torno de $1,1 \pm 0,02$.

A solução para leitura compreendia de 500 μ L de extrato em tubo Falcon de 15 mL (envolto em papel alumínio), com 3 mL de etanol P.A e 300 μ L de solução diluída DPPH. Aguardou-se 45 minutos e realizou-se a leitura em espectrofotômetro a 515 nm.

3.2.4.4.2. Determinação da Capacidade Antioxidante - Método ABTS

Para determinar a atividade antioxidante, utilizou-se o método descrito por Re, et al. (1999). O radical ABTS foi formado pela reação de 2,45 mM de persulfato de potássio com 7 mM de 2,2'-azino-bis-(3-etilbenzotiazolin 6-ácido sulfônico), armazenado no escuro, à temperatura ambiente, durante 16 horas. Uma vez formado, o radical ABTS foi diluído em etanol até obter-se uma medida de absorbância de $0,70 \pm 0,02$ em comprimento de onda de 734 nm (KUSKOSKI, et al., 2004). A absorbância foi medida em espectrofotômetro no tempo de 6 minutos após a adição da amostra. A capacidade antioxidante total da amostra foi calculada em relação à atividade do antioxidante sintético Trolox nas mesmas condições, e os resultados foram expressos em μ Mol Trolox.g⁻¹ (RICE-EVANS; MILLER; PAGANGA, 1996).

3.2.4.4.3. Determinação de Fenóis Totais

Determinação pelo método descrito por Nasar - Abbas (2008), onde para extração do extrato para fenóis totais foram pesadas 2 gramas de amostra; após se adicionou 20mL de solução de acetona (70%) e colocado em banho-maria à

temperatura de 25 °C durante 24 horas. Foram retiradas as amostras do banho e centrifugadas a 4000 rpm durante 10 minutos à temperatura de 10 °C. Após foi coletado o sobrenadante e armazenado. Para determinação de fenóis totais adicionou-se uma alíquota de 0,02mL (20µL) e ajustou o volume para 0,5mL (se adicionou 0,48mL (480µL) de água destilada), e adicionou-se 0,25 mL (250µL) de *Folin-Ciocalteu*, deixando no escuro por 8 minutos. Após acrescentou-se 1,25 mL (1250µL) de solução de carbonato de sódio; agitou em vortex e por fim se fez a leitura em espectrofotômetro a 725nm após 2 horas em ambiente escuro. Os resultados foram expressos em mg ácido tânico.g⁻¹ em amostra seca.

3.2.4.4.4. Determinação de Fenóis Simples

Determinação pelo método descrito por Nasar - Abbas (2008). Para o preparo do extrato de fenóis simples, utilizou-se 100 mg de PVPP (Polyvinylpolypyrrolidona) e adicionou-se 1mL de água destilada; 1mL do extrato preparado na determinação de fenóis totais e agitou-se no vortex. Foi colocado em geladeira à temperatura de 4 °C durante 30 minutos. Após esse período, o extrato foi agitado novamente em vortex, centrifugou a 7000 rpm durante 20 minutos a temperatura de 10 °C e coletou-se o sobrenadante.

Para a determinação de fenóis simples, foram adicionados 0,15mL de extrato da PVPP; completado o volume para 0,5mL com água destilada e adicionou-se 0,25mL de *Folin-Ciocalteu*, deixando no escuro por 8 minutos. Após, foi acrescentado 1,25mL de solução de carbonato de sódio (20%) e agitou em vortex; por fim, foi colocado em ambiente escuro e fez-se a leitura em espectrofotômetro a 725nm após 2 horas. Os resultados foram expressos em mg ácido tânico.g⁻¹ amostra seca.

3.2.4.4.5. Determinação de Antocianinas Totais

Foi utilizada a técnica baseada no procedimento descrito por Abdel-Aal et al., (2003). Moeu-se 2g de amostra de feijão e acrescentou-se 50 mL de solução etanólica acidificada pH 1,0 e, foi feita uma homogeneização por 30 minutos, centrifugou-se por 20 minutos a 7500 rpm. Leu-se a absorbância de 535 nm e o equipamento foi zerado com etanol acidificado pH 1,0. Níveis de antocianinas foram expressos em mg de cianidina 3-glicosídeo equivalentes por 100g em base seca.

3.2.4.5. Fatores Antinutricionais

3.2.4.5.1. Determinação de Taninos

O teor de taninos foi obtido por diferença dos valores obtidos na determinação dos compostos fenólicos totais e fenólicos simples, e expressos em mg ácido tânico.g⁻¹ amostra conforme descrito por Nasar - Abbas (2008).

3.2.4.5.2. Determinação do Teor de Ácido Fítico

A determinação do teor de ácido fítico foi realizada de acordo com Haug e Lantzsch (1983). Pesou-se 0,015g de grãos moídos, adicionou-se 2 mL de ácido clorídrico 0,2M. Fez-se agitação por 30 minutos e realizou centrifugação de 17200 giros por 15 minutos a 24°C. Do sobrenadante, coletou-se 0,5mL e transferiu-se para um *eppendorf* juntamente com 1 mL de FeCl₃ (0,11g de cloreto férrico dissolvidos em 100 mL de ácido clorídrico 0,2M e o volume completado com água para 1L). Permaneceu em banho por 30 minutos a uma temperatura de 100°C,

sendo posteriormente centrifugado a 3000 g durante 15 minutos a 24°C. Retirou-se 0,5 mL do sobrenadante e transferiu-se para outro *eppendorf*, adicionando-se 0,75 mL de biperidina (10g de biperidina em 10 mL de ácido tioglicólico, completando o volume com água para 1L.). A leitura foi feita a 515 nm. Resultados expressos em mg de equivalentes de ácido fítico.g⁻¹ de amostra através da curva padrão de ácido fítico hidratado.

3.2.4.6. Análise Sensorial

A análise sensorial das amostras de feijão foi realizada através da análise descritiva por Avaliação de Atributos, em que se avaliaram os atributos uniformidade da cor, maciez do grão, granulosidade, casca residual e gosto amargo.

Foi realizado ainda nas amostras, o teste de preferência. A avaliação sensorial foi realizada no laboratório de Análise Sensorial, em cabines individualizadas. Os testes sensoriais foram realizados com 20 avaliadores treinados, em que cada um recebeu as amostras em potes de porcelana branca codificados, pesando 10 g a porção de amostra, a temperatura de 25±2°C. Foi fornecido o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e a ficha de avaliação contendo o termo descritor para cada um dos atributos avaliados, o qual foi adaptado de Carneiro, et al. (2005), para os atributos do presente trabalho.

3.2.4.7. Desenvolvimento de Produtos de Panificação

Foram desenvolvidas duas formulações de bolos, utilizando farinhas mistas de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) e arroz branco polido (*Oryza sativa* L.). Considerando a importância econômica, o baixo custo de produção do feijão-caupi e sua qualidade de nutrientes (com destaque para o elevado teor de proteínas e sua qualidade superior ao feijão comum, além do teor de fibras, minerais e compostos

bioativos), o feijão-caupi com tal composição, de valor nutritivo ímpar, desperta o interesse para o enriquecimento e fortificação de alimentos, devido a isso que se elaboraram as formulações com somente a cultivar Novaera.

Para a obtenção da farinha de feijão-caupi os grãos foram macerados por 6 horas, e secos em estufa ventilada a 50°C por 24 horas, moídos, peneirados em peneira de 210µm e tostados em forno elétrico a 210°C por 30 minutos. Para a obtenção da farinha de arroz, os grãos foram descascados e polidos no engenho de provas marca Zaccaria modelo DTAZ1, moídos em moinho de laboratório (Perten, 3100) e peneirados em peneira de 210µm.

As formulações foram desenvolvidas utilizando como base uma receita padrão de bolo tipo *layer* e podem ser observadas na tabela 2.

Tabela 2 - Formulações dos bolos elaborados com farinhas de arroz e feijão-caupi

Bolo Arroz e Feijão (1)	Bolo 7 grãos (2)
farinha de arroz 50%	farinha de arroz 50%
farinha de feijão-caupi 50%	farinha de feijão-caupi 25%
leite 75%	farinha de milho 25%
ovos 65.5%	leite 75%
óleo de girassol 37.5%	ovos 65.5%
erva-doce 0.1%	óleo de girassol 37.5%
açúcar 112.5%	erva-doce 0.1%
fermento químico 3.75%	açúcar 112.5%
	fermento químico 3.75%
	linhaça 0.5%
	painço 0.5%
	grão de bico 0.5%
	quinoa 0.5%

Os grãos de linhaça, painço, grão de bico e quinoa foram macerados e receberam tratamento térmico antes de serem inseridos na formulação do bolo 2.

Após o cozimento os bolos foram encaminhados para as determinações.

3.2.4.7.1. Avaliações dos Bolos

3.2.4.7.1.1. Composição centesimal

Avaliação do conteúdo protéico, lipídico, cinzas, fibras e carboidratos determinados segundo os métodos da AOAC (2006).

3.2.4.7.1.2. Valor energético

O valor energético (Kcal) foi calculado usando como referência carboidratos com aproximadamente 4,0 kcal, proteínas aproximadamente 4,0 kcal e lipídios 9,0 kcal.

3.2.4.7.1.3. Minerais

Os minerais foram determinados usando-se a técnica de espectrometria de emissão atômica segundo Horwitz (2000). Pesou-se 500 mg de bolo com adição de 6 mL de uma mistura $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4$ (3:1) por 3h a 350 °C. Foram determinados os minerais: ferro, potássio, magnésio e zinco.

3.2.4.7.1.4. Índice de Proteínas Hidrossolúveis

Realizada segundo Liu, MCWatters & Phillipps (1992), conforme descrito no item 3.2.4.1.5.

3.2.4.7.1.5. Volume específico e densidade

O volume dos bolos foi medido por deslocamento de sementes de painço. Preencheu-se totalmente um Becker com capacidade de 2 L com sementes de painço. Em seguida partes das sementes foram substituídas pela amostra completando-se o volume até a borda e realizando-se o nivelamento. As sementes de painço remanescentes, correspondendo ao volume final, foram colocadas em proveta graduada expressando o resultado em mL. As amostras foram pesadas e calculou-se o volume específico (mL.g^{-1}) e densidade (g.mL^{-1}) (ESTELLER, et al; 2005).

3.2.4.7.1.6. Colapso

O colapso foi medido pela razão entre a medida inicial dos bolos, com auxílio de um paquímetro digital, medindo-se no centro do bolo a sua altura logo após ter sido retirado do forno e o colapso final medido após decorrente 1 hora.

3.2.4.7.1.7. Perfil de textura dos bolos

Os testes no método TPA (TA-XT2: Texture Profile Analyser – Stable Micro Systems) foram realizados no analisador de textura TA-XT2i SMS utilizando um probe cilíndrico com 30 mm de diâmetro (SARMIENTO-CONSOLE, 2010). Os valores do parâmetro de firmeza do miolo foram realizados por meio da medida que corresponde ao pico da curva força versus tempo. Outros parâmetros também foram analisados no miolo dos bolos, como coesividade, elasticidade e mastigabilidade. Estes parâmetros foram escolhidos devido à sua relação com parâmetros sensoriais. Os testes foram realizados em fatias de 2,5 cm sob as seguintes condições: velocidade do pré-teste: 1,0 mm/s; velocidade do teste: 1,7 mm/s; velocidade do

pós-teste: 10,0 mm/s; distância de deslocamento do probe: 10 mm e análise de dupla compressão.

3.2.4.7.1.8. Análise Sensorial

A avaliação sensorial foi realizada no Laboratório de Análise Sensorial do Centro de Ciências Químicas, Farmacêuticas e de Alimentos, no mesmo dia que se elaboraram os bolos. Participaram da análise sensorial uma equipe não treinada de 50 avaliadores de ambos os gêneros, constituídos por estudantes e funcionários da Universidade, todos assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido e foram informados sobre os procedimentos da pesquisa. Utilizou-se o Teste Afetivo Quantitativo de Aceitação, com escala hedônica e com escala de atitude de compra de 7 pontos tendo como objetivo avaliar o grau em que os consumidores gostaram ou desgostaram do produto e sua disposição em comprar o produto. A amostra codificada com três dígitos aleatórios (DUTCOSKI, 1996) foi oferecida em pratos de porcelana, pesando 10 g a porção, à temperatura ambiente. O teste foi realizado em cabines individuais, com luz branca, isentas de ruídos e odores, em horário distante das principais refeições. A escala hedônica utilizou os termos 1-desgostei muito e 7-gostei muito (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 1991) e a intenção de compra foi realizada usando a escala estruturada de 7 pontos na qual 7 representou a nota máxima “certamente compraria” e 1 a nota mínima “certamente não compraria”. O Índice de Aceitabilidade (IA) foi calculado adotando a seguinte expressão matemática apresentada na equação 3:

$$IA = \frac{A}{B} \times 100 \quad (3)$$

Onde: A = nota média obtida para o produto; B = nota máxima da escala utilizada. O critério de decisão para o índice ser de boa aceitação é de igual ou superior a 70 % (DUTCOSKY, 1996).

3.2.4.8. Estatística

Os valores atípicos foram identificados com a plotagem dos resíduos estudentizados externamente (*RStudent*) versus valores preditos (variável Y). A partir do *RStudent*, valores que se encontravam fora do intervalo -2 a 2 foram considerados *outliers* e suas observações correspondentes foram removidas do banco de dados (ROUSSEEUW e LEROY, 1987; BARNETT e LEWIS, 1994). Os dados obtidos foram analisados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro Wilk, quanto à homocedasticidade pelo teste de Hartley e a independência dos resíduos por análise gráfica. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e teste de médias através do teste Tukey ($p \leq 0,05$).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização Físico - Química dos Grãos

A massa de mil grãos e as dimensões das diferentes cultivares de feijão estudadas estão apresentadas na tabela 3.

Tabela 3 - Massa de mil grãos e dimensões dos grãos de cultivares de feijão comum e caupi

Cultivares	Massa de mil grãos (g)	Dimensões ^a		
		C (mm)	L (mm)	E (mm)
<i>Feijão Comum</i>				
Red Kidney	620,8±0,0 b	14,7±0,3 b	7,9±0,2 b	6,1±0,4 a
Cranberry	640,2±0,0 a	17,3±0,5 a	9,5±0,4 a	6,0±0,2 a
<i>Feijão Caupi</i>				
Novaera	251,3±0,1 c	10,8±0,3 c	7,7±0,3 b	5,2±0,3 b

* Médias aritméticas simples, de três determinações ± desvio padrão, seguidas por letras iguais, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p <0,05).

^a C = comprimento, L = Largura e E = espessura.

Os grãos das cultivares BRS Embaixador (Red Kidney) e BRS Executivo (Cranberry) apresentaram peso maior que a da cultivar BRS Novaera (Caupi), as massas de mil grãos do feijão Cranberry foi 388,9 g maior que a massa de mil grãos do feijão-caupi Novaera.

O comprimento maior foi observado no feijão Cranberry seguido do Red Kidney, com diferença de 2,6 mm entre eles. Para a dimensão largura, o maior valor foi 9,5 mm para o Cranberry seguido do Red Kidney, o Novaera com relação ao Red Kidney é 0,2 mm menor. Os grãos das cultivares de feijão comum apresentaram espessura superior com 6,1mm (Red Kidney) e 6,0mm (Cranberry), a cultivar BRS Novaera apresentou menor espessura (5,2 mm) conforme apresentado na tabela 3.

Wang et al. (2010) observaram que as propriedades físicas (massa de 100 grãos, dimensões) e a composição centesimal de grãos de ervilha (*Pisum sativum*) é dependente da cultivar, da localidade de cultivo e, inclusive, do ano de cultivo, em função dos fatores climáticos e não necessariamente interferem no tempo de cozimento.

Os valores dos eixos L* e a* da análise do perfil colorimétrico dos feijões comum e caupi estão apresentados na tabela 4. Os valores de L* referem-se à

luminosidade, variando entre o zero (preto) e 100 (branco), o valor da coordenada de cromaticidade a^* varia de: $-a^*$ (verde) até $+a^*$ (vermelho). Os valores de b^* , variam de: $-b^*$ (azul) até $+b^*$ (amarelo).

Tabela 4 - Perfil colorimétrico do tegumento dos grãos de diferentes cultivares de feijão comum e caupi.

Cultivares	Coordenadas		
	L^*	a^*	b^*
<i>Feijão Comum</i>			
Red Kidney	24,8±0,0 c	+22±0,0 a	+7,3±0,0 c
Cranberry	58,2±0,0 b	+9,9±0,0 b	+19,81±0,1a
<i>Feijão Caupi</i>			
Novaera	66,7±0,0 a	+3,3±0,0 c	+16,8±0,0 b

* Médias aritméticas simples, de três determinações $\pm$ desvio padrão, seguidas por letras iguais, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Os grãos da cultivar BRS Novaera apresentaram maior valor de L^* e o menor valor de a^* indicando serem estes os mais claros. Os grãos da cultivar BRS Embaixador (Red Kidney) apresentaram, por sua vez, menor valor de L^* (24,8) e maior valor de a^* (+23,2) caracterizando-o como um grão com um croma vermelho escuro. Os feijões da cultivar BRS Executivo (Cranberry) possuem luminosidade superior com um valor de L^* de 58,2 e croma a^* de +9,9. Os feijões da cultivar Novaera apresentaram croma b^* positivo indicando um feijão com tonalidade amarelada.

A composição centesimal dos grãos de diferentes cultivares de feijão comum e de feijão caupi está apresentada nas tabelas a seguir.

Tabela 5 – Porcentagem de proteína bruta nos feijões comum e caupi e nos diversos processamentos

Processamento	Proteína Bruta (%)		
	Red Kidney	Cranberry	Novaera
com água	26,3±0,1 Ba*	27,4±0,1 Aa	22,3±0,1 Ca
sem água	20,7±0,1 Bd	24,7±0,1 Ad	20,4±0,0 Cd
sem maceração	24,5±0,1 Bb	26,5±0,1 Ac	20,8±0,1 Cc
cru	22,8±0,1 Bc	26,7±0,0 Ab	21,7±0,0 Cb

*Médias acompanhadas por letra maiúscula diferente na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0.05$) comparando os feijões, letras minúsculas na coluna estão comparando diferentes processamentos.

Como apresentado na tabela 5, o teor de proteína bruta para os feijões crus Novaera e Cranberry variou 5,0%. Nos feijões cozidos com a água de maceração os valores estiveram na faixa de 20,3% (Novaera) a 27,4% (Cranberry). Quando não foi utilizada a água de maceração para o cozimento o conteúdo protéico esteve entre 20,4% (Novaera) e 24,7% (Cranberry).

Nos feijões cozidos sem maceração, a proteína esteve na faixa de 20,8% (Novaera) e 26,5% (Cranberry). Dentro de cada cultivar, quando comparado com o teor de proteína bruta das cultivares cruas, a cultivar Red Kidney aumentou esse teor, quando no cozimento, usou-se a água da maceração. O teor de proteína foi de 26,3%, mas quando não foi feita a maceração esse conteúdo diminuiu 1,8%. O menor valor de proteína foi obtido quando foi feito o descarte da água de maceração antes do cozimento (20,7%).

Tabela 6 – Porcentagem de índice de proteína hidrossolúvel nos feijões comum e caupi e nos diversos processamentos

Processamento	Índice de Proteína Hidrossolúvel (%)		
	Red Kidney	Cranberry	Novaera
com água	33,8±0,0 Cd	49,2±0,1 Bb	70,3±0,1 Ab
sem água	37,7±0,1 Cc	54,6±0,1 Ba	66,1±0,0 Ac
sem maceração	59,6±0,1 Aa	33,5±0,1 Cd	53,7±0,0 Bd
cru	39,0±0,1 Cb	40,2±0,1 Bc	72,5±0,0 Aa

*Médias acompanhadas por letra maiúscula diferente na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0.05$) comparando os feijões, letras minúsculas na coluna estão comparando diferentes processamentos.

Quanto ao índice de proteínas hidrossolúveis, o feijão cozido sem maceração foi o que obteve melhores resultados, sendo o menor valor quando cozido com a água de maceração (33,8%).

A cultivar Cranberry apresentou igualmente valores maiores quando se usou a água de maceração no cozimento (27,4%), sendo o menor valor quando se fez o descarte dessa água diminuindo 2,6%. Sua solubilidade protéica foi afetada quando cozido com a água de maceração (49,2%) e quando não foi macerado (33,5%), pois descartando a água de maceração, os resultados foram maiores (54,6%), pois quando a água para cocção é substituída por outra água, livre desses compostos, os grãos lixiviam esses em maior quantidade para ocorrer um equilíbrio entre o meio e os grãos.

A cultivar Novaera apresentou teores de proteína de 20,8% quando sem maceração, 20,4% descartando a água de maceração e 20,3% quando cozida com a água de maceração. Quando analisando sua solubilidade protéica em água, essa cultivar teve o mesmo comportamento, sendo a amostra crua com maiores valores (72,5%) seguido do uso da água de maceração (70,3%), sem a água (66,1%) e sem maceração (53,7%).

No presente estudo, os processamentos administrados afetaram de diferentes

formas o conteúdo protéico dependendo da cultivar, o que foi também observado por outros autores. Feijões da cultivar IAC-Carioca apresentaram um aumento de 8% no teor de proteína quando foram cozidos sem maceração (COSTA DE OLIVEIRA et al., 2001). Lombardi-Boccia et al. (1998) observaram uma diminuição de 1,30% em feijões brancos cozidos com água de maceração. Bressani et al. (1981) reportaram um aumento de 5 a 10% no teor de proteína em três cultivares de feijões cozidos sem água de maceração. Já em pesquisa desenvolvida por Barampama e Simard (1995), os processamentos não afetaram o conteúdo de proteína. Marques Mendez et al., (1993), avaliando 5 cultivares de feijão, reportaram um aumento no conteúdo de proteína de 3 a 25% também em feijões cozidos sem maceração.

A solubilidade de uma proteína é a manifestação termodinâmica do equilíbrio entre a interação proteína-proteína e proteína-solvente e está relacionada ao seu balanço de hidrofiliicidade/hidrofobicidade. Assim, sua composição de aminoácidos afeta sua solubilidade. Porém, as características de hidrofobicidade e hidrofiliicidade de superfície da proteína são os fatores mais importantes que afetam suas características de solubilidade, pois é a superfície da proteína que entra em contato com a água que está ao seu redor (DAMODARAN, 1997). Por outro lado, processamentos térmicos como o cozimento pode provocar alterações físico-químicas em proteínas, amido e outros componentes de leguminosas, afetando o seu valor nutricional, aumentando ou reduzindo a absorção, dependendo do composto (COSTA et al., 2006; DELLA et al., 1994).

O conteúdo de lipídios é geralmente baixo em feijões em comparação com outros nutrientes.

Tabela 7 – Porcentagem de lipídios nos feijões comum e caupi e nos diversos processamentos

Processamento	Red Kidney	Lipídios (%)	
		Cranberry	Novaera
com água	0,7±0,0 Ba	0,5±0,1 Cc	1,1±0,0 Ab
sem água	0,6±0,0 Bb	0,4±0,1 Cd	1,0±0,0 Ac
sem maceração	0,7±0,0 Ba	0,6±0,1 Cb	1,0±0,0 Ac
cru	0,5±0,0 Cc	0,7±0,1 Ba	1,2±0,0 Aa

*Médias acompanhadas por letra maiúscula diferente na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0.05$) comparando os feijões, letras minúscula na coluna estão comparando diferentes processamentos.

Nas cultivares estudadas (Tabela 7), o teor de lipídios nos feijões crus variou de 0,5% (Red Kidney) a 1,2% (Novaera). Após todos os tipos de processamentos administrados, a cultivar Novaera apresentou a maior concentração (1,1%) e a Cranberry sem água de maceração a menor concentração 0,4%. A cultivar Red Kidney teve um decréscimo de 0,04% quando descartada a água de maceração, tendo igual comportamento as cultivares Cranberry e Novaera com um decréscimo de 0,1%. Sem maceração em água, o teor de lipídios foi maior na Red Kidney e na Cranberry, com 0,7% e 0,6% respectivamente, com relação aos processamentos com maceração. Um aumento de 9% no teor de lipídios também foi observado por Costa, et al. (2001) com feijões da cultivar IAC-Carioca cozida sem maceração.

Este efeito de aumento e diminuição no conteúdo de lipídios, após o cozimento na mesma cultivar, foi observado também por Barampama e Simard (1995) em feijão comum (*Phaseolus vulgaris*, cultivar Dore de Kirundo) que apresentou um teor de lipídios de 1,42 % em feijões crus, e que quando cozidos sem água de maceração diminuíram em 18% e quando cozidos sem maceração aumentaram em 6%. A diminuição no conteúdo de lipídios poderia ser devido à interferência durante a análise provocada pela formação de um complexo lipídeo-

proteína (BARAMPAMA; SIMARD, 1995).

Tabela 8 – Porcentagem de fibra bruta nos feijões comum e caupi e nos diversos processamentos

Processamento	Fibra bruta (%)		
	Red Kidney	Cranberry	Novaera
com água	6,1±0,6 Ac	4,4±1,2 Cc	4,4±0,3 Ba
sem água	6,5±0,8 Ad	4,3±0,9 Bd	4,1±0,2 Cc
sem maceração	6,1±0,7 Ab	4,4±0,9 Bb	4,4±1,1 Cb
cru	6,3±0,6 Aa	4,6±0,5 Ba	4,5±1,1 Cb

*Médias acompanhadas por letra maiúscula diferente na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0.05$) comparando os feijões, letras minúscula na coluna estão comparando diferentes processamentos.

Conforme a tabela 8 observou-se que os maiores conteúdos de fibras foram no feijão Red Kidney cru, com 6,3%, seguido do Cranberry 4,6% e Novaera 4,5%. Após a maceração e aproveitamento da água no cozimento estes valores diminuiriam para 6,1% na Red Kidney, 4,4 % na Cranberry e 4,4 % na Novaera, ao realizar o cozimento sem o aproveitamento da água de maceração, houve redução de 0,06%, 0,1% e 0,4% respectivamente. Obtêm-se melhores resultados no conteúdo de fibras nesses feijões, quando não é feita a maceração antes do cozimento, pois os valores encontrados na cultivar Red Kidney foram de 6,1%, Cranberry 4,4 % e Novaera 4,4 %.

Gonzáles (2000) notou que os tratamentos térmicos podem ter efeitos variáveis na fibra alimentar, e que a cocção promove o rompimento dos componentes celulares dos grãos de feijão (celulose, hemicelulose, lignina, pectina e gomas), além de propiciar interações entre proteínas e lipídios, assim como trocas qualitativas e quantitativas que variam na composição total da fibra alimentar ao comparar alimento cru e cozido.

Costa, et al. (2006) não observaram alteração dos teores de fibras solúveis e insolúveis antes e após cocção de grãos de feijão.

Quando a água de cocção foi desprezada ocorreu diminuição no teor de fibra alimentar total para todos os tipos de feijões estudados, indicando que com a retirada da água de maceração ocorreu perda de parte desse elemento.

Tabela 9 – Porcentagem de cinzas nos feijões comum e caupi e nos diversos processamentos

Processamento	Cinzas (%)		
	Red Kidney	Cranberry	Novaera
com água	3,6±0,0 Bb	3,8±0,1 Ac	3,2±0,0 Cb
sem água	3,4±0,1 Bc	3,7±0,1 Ad	3,2±0,0 Cc
sem maceração	3,9±0,0 Ba	3,9±0,1 Ab	3,3±0,0 Ca
cru	3,9±0,0 Ba	3,7±0,0 Aa	3,1±0,0 Cd

*Médias acompanhadas por letra maiúscula diferente na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0.05$) comparando os feijões, letras minúscula na coluna estão comparando diferentes processamentos.

O teor de cinzas variou de 3,1% (Novaera) a 3,9% (Red Kidney) nas amostras cruas. Nos feijões cozidos com a água de maceração a concentração variou de 3,2% (Novaera) a 3,8 % (Cranberry). Quando os feijões foram cozidos sem a água de maceração o feijão que apresentou maior conteúdo de cinzas foi o Cranberry (3,7%) e o feijão com menor conteúdo foi o Novaera (3,2%). Não realizando a maceração antes do cozimento, obtêm-se melhores valores no conteúdo de cinzas, pois a cultivar Red Kidney apresentou 0,02% de perda em relação à amostra crua, a Cranberry apresentou ganho de 0,19% assim como a Novaera com ganho de 0,15% com relação às amostras cruas.

Esta diminuição ou incremento após o cozimento também foi observada por Barampama; Simard (1995), com feijão comum (*Phaseolus vulgaris*, cultivar Dore de Kirundo) após cozimento sem água de maceração (20%) e sem maceração (12%). Estes autores consideraram que a diminuição poderia ser explicada pela perda de

minerais por difusão na água e o incremento no conteúdo de cinzas devido possivelmente à acumulação de alguns minerais no substrato, como acontece durante a fermentação.

O cozimento provavelmente favorece a liberação mineral de alguns complexos presentes nos feijões, como o complexo ácido fítico-mineral, que substituiu as perdas minerais por difusão na água (BARAMPAMA; SIMARD, 1995).

Os carboidratos, juntamente com as proteínas, são um dos principais componentes de todos os feijões secos (SATHE, 2002). O conteúdo de carboidratos está apresentado na tabela 10.

Tabela 10 – Porcentagem de carboidratos nos feijões comum e caupi e nos diversos processamentos

Processamento	Carboidratos (%)		
	Red Kidney	Cranberry	Novaera
com água	46,8±0,9 Cc	58,3±0,6 Ba	58,5±1,1 Ad
sem água	59,1±0,8 Ba	56,7±1,2 Cb	61,0±0,8 Aa
sem maceração	45,3±1,1 Cd	54,3±0,2 Bc	60,3±0,5 Ab
cru	56,2±0,6 Bb	54,1±0,5 Cd	59,3±0,3 Ac

*Médias acompanhadas por letra maiúscula diferente na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0.05$) comparando os feijões, letras minúscula na coluna estão comparando diferentes processamentos.

O conteúdo de carboidratos para os feijões crus apresentou-se entre 59,3% (Novaera) e 54,1% (Cranberry). Usando a água de maceração para o cozimento, a mínima concentração foi apresentada pela cultivar Red Kidney (46,8%) e a máxima foi a cultivar Novaera (58,5%). Quando se descartou a água de maceração a Cranberry apresentou a mínima concentração (56,7%) seguida da Red Kidney (59,1%), sendo a Novaera com a maior concentração (61%). Quando os feijões foram cozidos sem maceração, o menor valor foi da Red Kidney (45,3%), seguida da Cranberry (54,3%). O valor da cultivar Novaera foi maior com 60,3%.

Os resultados refletem uma diferente influência dos tipos de processamento no conteúdo de carboidratos que depende de cada cultivar.

Os conteúdos de carboidratos nas cultivares, tanto na forma crua quanto cozida, estão de acordo com os reportados por outros autores (SATHE, 2002; SGARBIERI, 1989).

4.2. Coeficiente de hidratação

Após a maceração de 12 horas nos três tipos de feijões, o coeficiente de hidratação foi calculado, obtendo-se para o feijão Red Kidney o valor de 197,0%, para o feijão Cranberry 196,5% e para o Novaera 184,7%.

Isso demonstra que o feijão Red Kidney absorve mais água durante 12 horas de maceração em relação às outras cultivares, seguida da cultivar Cranberry com diferença de 0,5% e Novaera 12,3%. Diversos autores indicam que o coeficiente de hidratação pode ser um indicativo para seleção precoce de genótipos visando menor tempo de cocção, pois segundo eles, há uma correlação entre a hidratação e o tempo de cocção em diversas cultivares de feijões (ELIA, et al.,1997; CASTELLANOS, et al.,1995).

4.3. Parâmetros de Cocção

O tempo de cozimento das cultivares é apresentado na tabela 11.

Tabela 11 - Tempo de cocção (minutos) dos feijões comum e caupi

Processamentos	Cultivares		
	Red Kidney	Cranberry	Novaera
Com maceração	25	29	24
Sem maceração	45	50	30

A cultivar Novaera foi a que apresentou menor tempo de cocção, quando não houve maceração o tempo de cocção aumentou 6 minutos. O feijão Red Kidney apresentou um tempo de 25 minutos, aumentando 20 minutos quando sem maceração. O feijão Cranberry teve um tempo de cocção de 29 minutos com e sem água de maceração e sem maceração o tempo aumentou em 21 minutos em panela convencional. Esses foram então, os tempos ideais de cocção para os feijões estudados, apresentando dureza adequada e feijões prontos para consumo.

Bressani et al. (1981), avaliando a relação entre a cor e algumas propriedades físicas de feijões, determinaram que o tempo de cocção para os feijões brancos foi menor que para os feijões pretos e vermelhos. Feijões com maceração prévia ao cozimento são mais brandos que feijões não macerados cozidos durante o mesmo tempo (GOYCOOLEA et al., 1990), sendo que os feijões quando absorvem menos água precisam de um maior tempo de cocção. O tempo de embebição dos feijões em água nas cultivares maceradas foi de 12 horas, sendo que um tempo de 12 a 24 horas é o recomendado; evitando assim longos períodos de hidratação que poderiam causar contaminações bacterianas (CHIARADIA; GOMES, 1997).

Abu-Ghannam (1998) medindo a dureza em grãos de feijão comum macerados a temperatura de 20, 30, 40 e 60°C, observou maior absorção inicial de água nas temperaturas mais elevadas e maior dureza dos grãos no início da maceração, o que indica a necessidade de completa hidratação dos grãos para melhores resultados de cozimento.

Observando esses parâmetros podem-se avaliar instrumentalmente algumas características dos feijões estudados. O perfil texturométrico dos feijões comum e caupi são apresentados na tabela 12.

Tabela 12 - Perfil texturométrico de feijões comum e caupi com e sem maceração

	Com água de maceração			Sem água de maceração			Sem maceração		
	Dureza	Coesividade	Mastigabilidade	Dureza	Coesividade	Mastigabilidade	Dureza	Coesividade	Mastigabilidade
<i>Feijão Comum</i>									
Cranberry	46,9±4,5Ba ^{1/}	0,2±0,0 Ba	4,7±1,4 Ba	23,6±3,4 Ba	0,1±0,0Ba	1,6±0,3Ba	93,4±3,0 Aa	0,3±0,1 Aa	24,1±2,8Aa
Red Kidney	21,7±3,5Bb	0,2±0,0Aab	2,2±0,6 Bb	19,3±3,4 Bb	0,2±0,0Aa	2,0±0,8Ba	43,2±3,2 Ab	0,2±0,0 Ab	5,4±1,2 Ab
<i>Feijão Caupi</i>									
Novaera	12,0±2,3Ac	0,1±0,0 Bb	0,5±0,1Bb	14,1±1,9 Ab	0,2±0,0Aa	1,2±0,2 Aa	11,9±1,0 Ac	0,1±0,0 Cb	0,5±0,1 Bc

^{1/}Médias (n=15) acompanhadas por letra minúscula diferente na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05) estão comparando os parâmetros texturométricos nos diferentes feijões; letras maiúsculas diferentes na linha comparando os diferentes processamentos no mesmo feijão.

* Unidades de medida: Dureza (N), Coesividade (sem unidade de medida), Mastigabilidade (Nmm⁻¹).

A análise de variância demonstrou interação entre os processamentos de cocção e os feijões estudados.

Observa-se (Tabela 12) que a água teve influência significativa nos feijões Red Kidney e Cranberry. Havendo ou não o descarte da água de maceração, esses feijões permaneceram com valores menores de dureza e mastigabilidade comparando-se os feijões não macerados. A hidratação do feijão antes do seu cozimento favorece o amolecimento da casca, conseqüentemente faz com que ele absorva mais água e torna o grão mais brando. O feijão-caupi Novaera apresentou a mesma dureza com o uso da água de maceração, com o descarte dessa água e sem a maceração antes do seu cozimento.

Comparando-se os tipos de feijões com cada processamento de maceração, verifica-se que, com o uso da água de maceração no cozimento, o feijão Cranberry apresentou maior dureza (46,93N), coesividade (0,22) e mastigabilidade ($4,74\text{Nmm}^{-1}$) que os demais feijões, comportamento semelhante ocorreu quando houve o descarte da água de maceração, com relação ao parâmetro dureza, onde esse feijão também apresentou-se mais duro (23,64N), fato esse que pode ser explicado devido ao seu alto conteúdo de carboidratos.

Na análise do perfil texturométrico dos feijões que não foram hidratados 12 horas, a variável dureza foi maior também para o feijão Cranberry (93,42N), seguido do feijão Red Kidney (43,26N) e o feijão Novaera (11,93N). Quanto à coesividade e a mastigabilidade, a cultivar Cranberry teve médias superiores que os feijões Red Kidney e Novaera, que se mostraram iguais estatisticamente.

A textura pode ser influenciada pelo local e pelo período de produção, pelo tempo e por condições de armazenamento, composição química entre outros fatores. Essas diferenças nos valores de textura dos feijões estudados podem indicar características intrínsecas de cada cultivar e até mesmo entre os gêneros botânicos. A possibilidade de reduzir o tempo de cocção viabiliza o emprego de metodologias alternativas, sendo a maceração prévia do feijão uma prática já

disseminada, e o uso de NaCl na água de maceração já foi abordado em alguns estudos. Investigou-se o efeito da adição de sais de cloreto de sódio (NaCl) conhecido como sal comum e cloreto de potássio (KCl) conhecido comercialmente como sal light, na água de maceração de grãos de feijão comum e caupi, como uma alternativa de redução no tempo de cocção, sendo estes macerados durante 12 horas, em concentrações de 10%.

O tempo de cocção para o feijão Red Kidney com adição de cloreto de sódio 10% na água de maceração foi de 50 minutos, com adição de cloreto de potássio foi de 17 minutos. Sem adição de sais na água de maceração o tempo de cocção do feijão foi de 25 minutos. A cultivar Cranberry apresentou um tempo de 26 minutos para o seu cozimento com a adição de cloreto de sódio e um tempo de 23 minutos com a adição de sal light (KCl 10%), sem a adição de sais o tempo foi de 29 minutos. O feijão-caupi Novaera teve tempo de cocção significativamente igual ao Red Kidney (17 minutos) com a adição de cloreto de potássio, mas com a adição de cloreto de sódio, seu tempo de cocção aumentou para 30 minutos. Sem adição de sais o tempo de cocção do feijão-caupi foi de 24 minutos. A mudança decorrente no tempo de cocção a partir da adição de sal na hidratação ocorre devido a modificações na estrutura dos cotilédones. Conforme verificado por Paredes-López, et al. (1991), mudanças que ocorrem na lamela média são responsáveis pela redução no tempo de cocção, ocorrendo uma separação nas células dos cotilédones, fato que contribui para a redução do tempo de cocção. Os resultados do perfil texturométrico estão apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 - Perfil texturométrico de feijões comum e caupi macerados sem e com adição de 10% de sais cloreto de sódio e cloreto de potássio

	Sem sal			Sal comum (NaCl)			Sal light (KCl)		
	Dureza *	Coesividade	Mastigabilidade	Dureza	Coesividade	Mastigabilidade	Dureza	Coesividade	Mastigabilidade
<i>Feijão Comum</i>									
Cranberry	46,9±6,5Aa ^{1/}	0,2±0,0Ba	4,7±1,4Aa	34,7±2,8Bb	0,2±2,9Aa	3,4±0,5 Ab	23,4±2,8Ca	0,1±0,0Bb	1,1±0,4Ba
Red Kidney	21,7±3,5Bb	0,2±0,0Ba	2,2±0,7Bb	99,5±6,6 Aa	0,3±0,0 Ab	21,0±6,2Aa	11,4±2,0Cb	0,1±0,0Cb	0,4±0,2Cb
<i>Feijão Caupi</i>									
Novaera	12,0±2,3Bc	0,1±0,0Bb	0,5±0,1Bc	27,6±3,0Ac	0,2±0,0Ab	4,4±1,2 Ab	10,6±0,7Bb	0,1±0,0Ba	0,5±0,1Bb

^{1/}Médias (n=15) acompanhadas por letra minúscula diferente na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) estão comparando os parâmetros texturométricos nos diferentes feijões; letras maiúsculas diferentes na linha comparando os diferentes processamentos no mesmo feijão.

* Unidades de medida: Dureza (N), Coesividade (sem unidade de medida), Mastigabilidade (Nmm^{-1}).

A análise de variância mostrou interação entre os fatores, a qual revelou efeito significativo dos diferentes tipos de sal, na concentração usada na maceração dos feijões e os parâmetros analisados.

No perfil texturométrico os resultados demonstram que, no parâmetro de dureza os grãos de feijão Cranberry macerados em KCl apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$) com relação ao não uso de sais na água de maceração. Com o uso de sal light 10% seu valor de dureza foi de 23,41N. Com relação à coesividade e a mastigabilidade, o sal light na água de maceração também contribuiu para valores menores nesses parâmetros.

Os feijões Red Kidney apresentaram dureza elevada em seus grãos cozidos após a maceração com adição de cloreto de sódio a 10% (99,5N), sendo o uso com cloreto de potássio o que evidenciou melhores resultados (11,47N), inclusive para todos os outros parâmetros texturométricos. Nos parâmetros coesividade e mastigabilidade o uso de cloreto de sódio também teve um efeito negativo, aumentando os valores dessas variáveis (0,3 e 21,07Nmm⁻¹).

O feijão-caupi teve melhor desempenho texturométrico quando não foi usado sal na água de maceração e quando se usou 10% de cloreto de potássio, não apresentando diferença estatística ($p \leq 0,05$) entre eles em todas as variáveis analisadas (dureza, coesividade, mastigabilidade).

Comparando-se os feijões, sem a adição de sal, o que apresentou menor dureza foi o Novaera (12,08N), sendo o mais duro o Cranberry (46,93N), com relação à coesividade e mastigabilidade, o feijão-caupi também obteve melhores resultados.

Adicionando cloreto de sódio 10% na água de maceração, o feijão-caupi também apresentou menor dureza, sendo o Red Kidney com maiores valores (99,5N). Na coesividade o Red Kidney e o Novaera não apresentaram diferença

estatística, e na mastigabilidade o maior valor foi de 21,07N (Red Kidney), e os menores valores Novaera e Cranberry (4,46N e 3,46N) respectivamente.

Usando o sal light (KCl) 10% na água de maceração, as menores durezas foram do feijão-caupi e do feijão comum Red Kidney, assim como a mastigabilidade.

Com relação à textura dos grãos, usando sais de NaCl a determinadas concentrações, ocorrem mudanças na morfologia dos grãos. Doses maiores de sal reduzem de tal forma o potencial osmótico da solução, e conseqüentemente, o potencial hídrico da mesma, impedindo que o grão com maior potencial hídrico absorva água da solução, comprometendo assim a cocção. Evidenciando esse comportamento no feijão Red Kidney.

A coesividade dos grãos se comportou com poucas alterações quando não foi usado sais na água de maceração e quando foi usado sal light, porém demonstrou mudança significativa quando usado sal comum.

Quanto à mastigabilidade, se observa diferença estatística significativa dentro dos diferentes sais usados.

O uso de sais monovalentes e bivalentes apresenta interação com a textura e tempo de cozimento dos grãos de feijão. Desta forma quanto mais se aumenta a quantidade do uso de sais monovalentes (Na^+ , K^+) diminui o tempo de cocção, bem como a dureza do grão em comparação aos sais bivalentes (Ca^{2+} , Mg^{2+}) em algumas cultivares de feijões (ELIAS & BRESSANI, 1992).

Evidências preliminares sugerem a possibilidade que os íons monovalentes e bivalentes podem migrar para superfície do feijão cru. Essa migração pode ser possível, devido à água do grão que é perdida durante o processo de armazenamento, possivelmente aumentando a dureza do tegumento.

4.4. Compostos Bioativos

Os resultados da atividade antioxidante expressos pelo radical DPPH e pelo radical ABTS estão apresentados na Tabela 14.

Tabela 14 - Atividade antioxidante de DPPH e ABTS ($\mu\text{M Trolox.g}^{-1}$ amostra) em feijões comum e caupi com diferentes processamentos

DPPH			
	Cranberry	Red Kidney	Novaera
Com água de maceração	5,6 $\pm$ 0,2 Aa ^{1/}	5,4 $\pm$ 0,2 Aa	3,9 $\pm$ 0,0 Ba
Sem água de maceração	4,2 $\pm$ 0,3 ABc	4,0 $\pm$ 0,1 Ac	3,7 $\pm$ 0,2 Ba
Sem maceração	4,8 $\pm$ 0,2 Ab	4,4 $\pm$ 0,4 ABb	3,8 $\pm$ 0,0 Ba
Cru	5,9 $\pm$ 0,0 Aa	5,5 $\pm$ 0,2 Aa	3,9 $\pm$ 0,1 Ba

ABTS			
	Cranberry	Red Kidney	Novaera
Com água de maceração	4034,5 $\pm$ 4,2 Ab	3876,5 $\pm$ 1,4 Ba	1512,9 $\pm$ 9,3 Cc
Sem água de maceração	3829,6 $\pm$ 3,1 Ac	3649,4 $\pm$ 3,2 Bb	1321,7 $\pm$ 1,4 Cd
Sem maceração	4128,4 $\pm$ 3,9 Ab	3872,7 $\pm$ 2,3 Ba	1574,8 $\pm$ 7,8 Cb
Cru	4260,6 $\pm$ 5,0 Aa	3933,8 $\pm$ 3,2 Ba	1613,7 $\pm$ 9,8 Ca

^{1/}Médias acompanhadas por letra maiúscula diferente na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) comparando os diferentes tipos feijão; letras minúsculas na coluna estão comparando os processamentos no mesmo feijão.

Nas amostras cruas e com água de maceração, a atividade antioxidante foi maior nas cultivares de feijão comum, sendo que, no feijão-caupi, não houve

diferença estatística significativa ($p \leq 0,05$) entre os diferentes processamentos. Segundo Xu e Chang (2008) isso pode ser explicado pelas diferenças de genótipos analisados, pois essas variações no potencial antioxidante nas sementes são determinadas pela cor do grão e pelo modelo de genes de cada genótipo.

Boateng, Verghese e Walker (2008) estudaram a capacidade antioxidante total em grãos crus de feijão fradinho e encontraram um valor médio de $5,61 \mu\text{M Trolox.g}^{-1}$ amostra, para o feijão comum encontraram um valor médio de $6,26 \mu\text{M Trolox.g}^{-1}$ amostra.

Além disso, variações nas condições de cultivo como alterações climáticas, formas de plantio, a elevada temperatura no período de enchimento dos grãos, a forma de beneficiamento pós-colheita, o tempo e as condições de armazenamento podem influenciar a interação entre nutrientes e potencializar ou dificultar a sua biodisponibilidade.

Quando a água de maceração foi descartada, o potencial da atividade antioxidante foi reduzido nos feijões comum, apresentando o Cranberry $4,22 \mu\text{M Trolox.g}^{-1}$ amostra e o Red Kidney $4,40 \mu\text{M Trolox.g}^{-1}$ amostra. Evidenciando-se que, quando a água de maceração é utilizada para a cocção, os grãos não lixiviam tantos compostos (como flavonóides, antocianinas e outros componentes solúveis do feijão que influenciam na capacidade antioxidante), mas quando a água para cocção é substituída por outra água, livre desses compostos, possivelmente os grãos seguem lixiviando esses em maior quantidade para ocorrer um equilíbrio entre o meio e os grãos.

Comparando-se as cultivares, os feijões Cranberry e Red Kidney foram os que apresentaram os melhores resultados nos processamentos, crus, com água de maceração e sem água de maceração. No processamento sem maceração, os três feijões não diferiram estatisticamente.

Os resultados para a atividade antioxidante utilizando o método do radical ABTS apresentaram que o feijão Cranberry possuiu valor superior quando cru

(4260,6 $\mu\text{M Trolox.g}^{-1}$ amostra), assim como no feijão Novaera, no entanto seus valores decresceram quando a água de maceração foi descartada. Para o feijão Red Kidney, o processamento sem água de maceração foi o que apresentou menores resultados (3649,4 $\mu\text{M Trolox.g}^{-1}$ amostra). Quando não houve maceração antes do cozimento dos feijões, a atividade antioxidante do Cranberry e do Red Kidney foi significativamente igual ao processamento com água de maceração, indicando que os compostos que influenciam nessa atividade permaneceram no grão e que o tratamento térmico também auxilia na liberação de fenóis durante a cocção (KORUS; GUMUL; CZECHOWSKA, 2007).

De acordo com os resultados apresentados na tabela 15, o teor de compostos fenólicos totais variou entre 37,32 e 6,41 mg ácido tânico. g^{-1} amostra seca entre as variedades analisadas.

Siddhuraju e Becker (2007) estudaram o conteúdo de compostos fenólicos totais em duas variedades de feijão caupi utilizado para alimentação humana. Entre os grãos crus e secos variaram de 16,36 e 8,42 g de ácido gálico por 100 g de massa seca. Silveira et al. (2011) estudaram 5 variedades de feijão comum onde haviam amostras do grupo preto e cores. O maior conteúdo de fenóis totais encontrado por eles foi na variedade Carioca 0,26 g de ácido tânico por 100 g amostra em base seca. Mesquita et al (2007) estudaram 21 linhagens de feijão e encontraram conteúdo total de fenóis entre 0,26 g e 1,45 g de ácido tânico por 100 g de amostra seca. No presente estudo, os feijões Cranberry e Red Kidney apresentaram valores superiores aos encontrados em outros feijões por esses autores.

O feijão Cranberry cru apresentou valores similares de fenóis totais quando comparado com o feijão que não teve maceração antes do seu cozimento. Sendo suas maiores perdas quando a água de maceração foi descartada (15,72 g de ácido tânico por 100 g de amostra seca). Os feijões Red Kidney (15,93 g de ácido tânico por 100 g de amostra seca) e Novaera (6,41 g de ácido tânico por 100 g de amostra

seca) também tiveram perdas desses compostos quando foram cozidos sem a água de maceração.

Tabela 15 - Teor de fenóis totais e simples (mg ácido tânico.g⁻¹ amostra seca) em feijões comum e caupi com diferentes processamentos

Fenóis Totais			
	Cranberry	Red Kidney	Novaera
Com água de maceração	19,8±0,7 Ab ^{1/}	21,4±0,3 Ac	8,0±0,8 Bb
Sem água de maceração	15,7±0,2 Ac	15,9±0,3 Ad	6,4±0,2 Bc
Sem maceração	36,2±1,7 Aa	35,0±1,1 Ab	13,5±0,5 Ba
Cru	36,7±1,7 Aa	37,3±0,5 Aa	14,1±0,5 Ba
Fenóis Simples			
	Cranberry	Red Kidney	Novaera
Com água de maceração	2,8±0,1 Aab	2,8±0,2 Aab	2,4±0,1 Aab
Sem água de maceração	2,4±0,1 Ac	2,5±0,1 Ab	2,3±0,1 Ab
Sem maceração	2,5±0,1 Abc	2,7±0,0 Aab	2,1±0,1 Bb
Cru	2,9±0,0 Aa	3,0±0,0 Aa	2,7±0,0 Ba

^{1/}Médias acompanhadas por letra maiúscula diferente na linha diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05) comparando os diferentes tipos feijão; letras minúsculas diferentes na coluna estão comparando os diferentes processamentos no mesmo feijão.

Alguns estudos demonstraram que o preparo de feijão com maceração e descarte da água de maceração pode reduzir o conteúdo de compostos fenólicos, como taninos, assim como fitatos e oligossacarídeos (RAMIREZ-CÁRDENAS;

LEONEL; COSTA, 2008; OLIVEIRA et al., 2001), os quais diminuem a digestibilidade, podendo causar flatulência.

A diminuição dos compostos fenólicos com o uso da água de maceração no cozimento, como foi observada nas três cultivares, corrobora com estudos feitos por Luthria e Pastor-Corrales (2006), que afirmam que 15% desses compostos são perdidos na cocção.

Os feijões que não foram macerados apresentaram valores superiores à aqueles que foram macerados. Dois estudos foram realizados utilizando água de maceração para cozinhar feijão. Os dados do primeiro estudo (NERGIZ; GÖKGÖZ, 2007), mostraram que a maior redução de fenóis totais ocorreu no método maceração seguida de cozimento e foi significativamente diferente dos feijões cozidos apenas em panela de pressão. No segundo estudo realizado com diferentes genótipos de feijões no Brasil, a preparação que preservou mais eficientemente suas características e seus nutrientes foram os feijões cozidos sem maceração, exceto para a variável antioxidante (VALDÉS et al., 2011).

Os grãos com maiores teores de compostos fenólicos totais foram os feijões do tipo comum Cranberry e Red Kidney crus (36,74 e 37,32 mg ácido tânico.g⁻¹ amostra seca respectivamente), o feijão-caupi Novaera apresentou 14,13 mg ácido tânico.g⁻¹ amostra seca.

Na tabela 15 observou-se que o conteúdo de compostos fenólicos simples não diferiu estatisticamente quanto às amostras cruas e as amostras cozidas com a água de maceração, nas cultivares estudadas. A cultivar Novaera teve valores médios significativamente iguais com o uso da água de maceração e com o descarte dessa água. O processo de maceração, assim como o uso ou não da água de maceração, não foi decisivo para alterações significativas no conteúdo de fenóis simples nesse estudo.

Estudos relatam melhor estabilidade térmica dos ácidos fenólicos simples que outros compostos fenólicos mais complexos, além disso, o fator tempo de cocção

também é fundamental para a disponibilização desses compostos. (MORELLO et al., 2004, RANILLA; GENOVESE; LAJOLO, 2009).

Os teores de antocianinas totais podem ser verificados na tabela 16.

Tabela 16 - Teor de antocianinas totais (CTA mg.100g⁻¹) em feijões comum e caupi com diferentes processamentos

	Antocianinas Totais		
	Cranberry	Red Kidney	Novaera
Com água de maceração	1,8±0,0 Bc ^{1/}	2,5±0,3 Ab	1,5±0,0 Bc
Sem água de maceração	1,5±0,3 Ad	1,4±0,3 Bc	1,3±0,0 Cc
Sem maceração	2,6±0,5 Bb	3,7±0,1 Aa	1,9±0,4 Cb
Cru	3,6±0,5 Ba	4,2±0,1 Aa	2,3±0,2 Ca

^{1/}Médias acompanhadas por letra maiúscula diferente na linha diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05) comparando os diferentes tipos feijão; letras minúsculas na coluna estão comparando os diferentes processamentos no mesmo feijão.

O conteúdo total de antocianinas nas variedades estudadas variou entre 1,32 mg e 4,23 mg por 100 g de amostra seca. Landim et al. (2013) ao estudar três cultivares de feijão caupi, dentre elas a variedade BRS Novaera, encontrou antocianinas totais igual a 1,02 mg por 100 g de amostra seca para a variedade citada. Macz-Pop et al. (2006) encontraram valor médio de antocianinas de 24,1 mg por 100 g de amostra seca, em um estudo realizado com feijão comum.

Em todos os feijões estudados os maiores teores de antocianinas foram nos feijões crus do que todos os demais processamentos. Os feijões do tipo comum tiveram maiores perdas quando não foi usada a água de maceração no cozimento. Diferenças que podem ser explicadas pelo efeito da lixiviação desses compostos na água de maceração, água esta que foi descartada. No feijão-caupi o uso ou não da água de maceração não causou diminuição significativa no conteúdo de

antocianinas totais. Esse dado pode evidenciar diferentes efeitos do processamento de feijão e na cultivar de feijão usada (equipamento, tempo de cocção e temperatura) em relação às antocianinas.

Com relação às amostras não maceradas, os valores de antocianinas totais variaram de 1,94 a 3,72 mg por 100 g de amostra seca, efeito também observado por Botelho (2014) em que grãos sem maceração obtiveram melhores concentrações de antocianinas, tanto no preparo em autoclave como em panela convencional.

4.5. Fatores Antinutricionais

Na tabela 17 são apresentados as médias dos teores de taninos expressos em mg ácido tânico.g⁻¹ amostra e os teores de ácido fítico expressos em mg ácido fítico. g⁻¹ amostra, nos grãos de feijão comum e caupi e submetidos a diferentes processamentos. A interação entre os fatores estudados foi significativa ao nível de significância adotada.

Tabela 17 - Teores de taninos e ácido fítico em feijões comum e caupi com diferentes processamentos

	Taninos (mg ácido tânico.g ⁻¹ amostra)		
	Cranberry	Red Kidney	Novaera
Com água de maceração	17,0±0,7 Bb ^{1/}	18,5±0,2 Ac	5,6±0,6 Cb
Sem água de maceração	13,2±0,2 Ac	13,3±0,3 Ad	4,0±0,2 Bc
Sem maceração	33,6±1,8 Aa	32,3±1,2 Ab	11,3±0,5 Ba
Cru	33,7±1,8 Aa	34,2±0,4 Aa	11,4±0,5 Ba

	Ácido Fítico (mg ácido fóico. g ⁻¹ amostra)		
	Cranberry	Red Kidney	Novaera
Com água de maceração	40,6±0,0 Ab	39,9±0,3 Bb	39,9±0,1 Bb
Sem água de maceração	38,9±0,0 Bc	39,6±0,1 Ab	39,4±0,1 Ac
Sem maceração	41,1±0,1 Aa	41,0±0,1 Aa	40,9±0,1 Aa
Cru	41,6±0,4 Aa	41,2±0,0 Aa	41,2±0,0 Aa

¹⁷Médias acompanhadas por letra maiúscula diferente na linha diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05) comparando os diferentes tipos feijão; letras minúsculas na coluna estão comparando os diferentes processamentos no mesmo feijão.

Observa-se que, os menores teores de taninos foram nos grãos submetidos à maceração. Quando a água de maceração foi descartada obteve-se uma redução de 39,2% no feijão Cranberry comparado com o feijão cru, 38,9% no feijão Red Kidney e 35,5% no feijão Novaera. A maior redução para todas as cultivares foi obtida quando os feijões foram cozidos sem água de maceração e a menor redução quando foram cozidos sem maceração, concordando com o reportado por outros pesquisadores (VILLAVICENCIO et al., 2000; DESHPANDE et al., 1992).

Tanto a maceração prévia quanto o cozimento têm um papel importante na redução deste fator antinutricional, pois durante o processamento os taninos podem migrar para a água de maceração e ao caldo de cocção (GOYCOOLEA et al., 1990), sendo possível que alguns taninos se difundam para o endosperma do cotilédone ligando-se às proteínas (REYES-MORENO; PAREDES-LÓPEZ, 1993).

Os resultados obtidos conferem aos processamentos utilizados a eficácia na redução deste componente capaz de interferir no valor nutritivo desta leguminosa. Os taninos formam complexos com as proteínas, diminuindo a digestibilidade, inibindo o crescimento e aumentando a excreção de nitrogênio fecal em animais

(COSTA DE OLIVEIRA et al., 2001). Os taninos também afetam a digestibilidade de carboidratos e a biodisponibilidade de minerais (CARBONARO et al., 1996; COELHO; LAJOLO, 1993; KHOKHAR; CHAUHAN, 1986).

Comparando-se as três cultivares cruas, não houve diferença significativa entre o Cranberry e o Red Kidney quanto ao teor de taninos. Sendo o feijão-caupi com menor teor (11,42 mg ácido tânico.g⁻¹ amostra). Deshpande et al. (1982) verificaram que o conteúdo de taninos em feijões depende em grande parte da presença ou não do tegumento e de sua coloração, como também varia dependendo da espécie do feijão e também que os feijões brancos possuem quantidades muito baixas (WELCH et al., 2000) enquanto que os vermelhos e os pretos têm níveis significativamente maiores, portanto, a maior concentração de polifenóis é encontrada em cascas de sementes coloridas, porém os feijões vermelhos apresentam maior concentração que os pretos (BRESSANI et al., 1991; BRESSANI et al., 1981).

Quanto aos teores de ácido fítico, os maiores valores foram nas amostras cruas e nas amostras que não foram maceradas. Comparando-se os feijões crus, não houve diferença significativa quanto ao teor de ácido fítico. No feijão Cranberry sem maceração os teores foram 41,10 (mg ácido fítico. g⁻¹ amostra), o Red Kidney 41,08 (mg ácido fítico. g⁻¹ amostra) e o Novaera 40,90 (mg ácido fítico. g⁻¹ amostra). Os menores teores de ácido fítico foram nos grãos submetidos à maceração. Ferreira e Arêas (2010) estudando grãos de amaranto observaram níveis de fitatos de 82 mg. g⁻¹, e para alimentos como trigo e tritcale 170 e 190 mg respectivamente. Segundo o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Mistura à Base de Farelos de Cereais (2000) o limite máximo permitido é 0,1g.g⁻¹ de amostra.

A diminuição observada no conteúdo de fitatos durante a maceração pode ser atribuída a uma lixiviação dos íons fitatos na água sob a influência de um gradiente de concentração que provoca a difusão deste nutriente para a água de maceração (COSTA DE OLIVEIRA et al., 2001; KHOKHAR; CHAUHAN, 1986). Porém estas

perdas também podem ser devido a mudanças na permeabilidade da membrana externa dos grãos (KHOKHAR; CHAUHAN, 1986). A absorção de água em sementes pode também ativar a fosfatase intrínseca, resultando na hidrólise e aumentando a perda de ácido fítico (PLAAMI, 1997; KHOKHAR; CHAUHAN, 1986).

A redução deste fator antinutricional é de grande importância, uma vez que altos níveis de ingestão de fitatos podem estar associados a efeitos nutricionais adversos ao homem, como redução da biodisponibilidade mineral e inibição de enzimas proteolíticas e amilolíticas (MARTINEZ-DOMINGUEZ et al., 2002; HARLAND; NARULA, 1999).

4.6. Análise Sensorial

Os feijões foram avaliados em relação aos seus atributos sensoriais, por meio do teste de análise de atributos. A ficha e os termos descritores para a avaliação das amostras de feijões estão apresentados nos apêndices A e B.

Os resultados apresentados na avaliação de atributos das amostras de feijão Cranberry, Red Kidney e Novaera são apresentados na tabela 18.

Tabela 18: Médias da avaliação sensorial das cultivares Cranberry, Red Kidney e Novaera

Atributo	Cranberry	Red Kidney	Novaera
Uniformidade da cor	6,2±2,0*a	6,2±1,9 a	6,1±2,6 a
Maciez	6,0±2,5 a	6,1±2,4 a	6,0±2,5 a
Granulosidade	3,0±2,3 a	2,2±2,1 a	3,9±2,3 a
Casca residual	2,1±1,4 b	2,8±2,1 ab	4,1±2,6 a
Gosto amargo	3,0±2,8 a	2,0±2,2 a	3,8±2,7 a

*Médias simples ± desvio padrão, seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) para $n = 20$.

Observa-se que não houve diferença entre as amostras quanto aos atributos uniformidade da cor, maciez, granulosidade e gosto. A cultivar Novaera apresenta maior intensidade quanto ao atributo casca residual seguida da cultivar Red Kidney e Cranberry. Comparando as posições das médias dos escores atribuídos as diferentes cultivares de feijão na não estruturada de 9 pontos, verifica-se que as médias para a uniformidade de cor variaram de 6,1 a 6,2, situando-se próximo ao termo “muita”, o que indica amostras com boa uniformidade de cor.

As médias para maciez variaram de 6,0 a 6,1, situando-se próximo ao termo “muito”, revelando uma maciez adequada ao consumo. A variação apresentada nas médias para o atributo granulosidade indicou valores de 2,2 a 3,9, demonstrando similaridade entre os feijões e situando-as próximo ao termo “regular”. Quanto a casca residual, as variações foram significativas, entre 2,1 e 4,1, igualmente próximas ao termo “regular” da escala não estruturada. O atributo gosto amargo, mostrou-se regular para todas as cultivares analisadas.

A amostra que apresentou maior percentual de preferência foi a cultivar Red Kidney, com 55% seguida da cultivar Cranberry com 35%. O fato da cultivar Red Kidney ter obtido maior preferência pode ser explicado pela sua cor uniforme, maciez adequada, pouca casca residual e grânulos aparentes e pouco gosto amargo.

Carneiro et al. (2005), ao estudar o perfil sensorial e aceitabilidade de cultivares de feijão (*Phaseolus Vulgaris* L.) encontrou para a cultivar Pérola, uniformidade de cor igual a 6,3, sabor característico de 5,3, amargo de 2,6, granulosidade de 1,1 e casca residual igual a 5,2, apresentando menor sabor característico e maior gosto amargo quando comparado com o presente trabalho. O mesmo autor, ao avaliar a cultivar Carioca obteve resultados de uniformidade igual a 6,8, sabor característico de 4,8, gosto amargo de 2,7, granulosidade de 1,2 e casca residual de 4,9.

Oliveira et al. (2013) encontrou para as mesmas variedades anteriores uniformidade de 3,57, sabor característico de 6,14, granulosidade de 4,43 e casca residual de 3,39 para cultivar Pérola e uniformidade de 3,32, sabor característico de 6,32, granulosidade de 5,11 e casca residual igual a 3,0 para a cultivar Carioca.

O perfil sensorial da variedade Iraí foi avaliado por Oliveira (2009), que encontrou uniformidade de 4,02, sabor característico de 6,47, granulosidade de 6,60 e casca residual de 3,0, para os atributos uniformidade da cor, sabor característico e casca residual, porém, valor elevado de granulosidade.

4.7. Desenvolvimento de Produtos de Panificação

As formulações dos bolos foram desenvolvidas apenas com os grãos da cultivar Novaera (feijão-caupi), por se tratar de um grão mais acessível economicamente.

A umidade das formulações desenvolvidas variou de 25,9 a 26,2%, lipídios foi de 11% a 14,5%, com relação ao conteúdo de cinzas o bolo “7 grãos” apresentou maior valor (1,9%), carboidratos variou de 47,5% a 51% e no conteúdo de fibras o bolo “7 grãos” também teve teores maiores (3,3%), sendo considerado um alimento “fonte” de fibra segundo a RDC N°54 da ANVISA (2012), valores muito próximos aos avaliados por Gularte (2012) em formulação de bolo layer. Quanto ao teor de proteína bruta o resultado de 9,2% do bolo “arroz e feijão”, fez um incremento de em média 3% a mais que em bolos comerciais com somente farinha de trigo. As duas formulações podem ser consideradas como “fontes” de proteínas, pois o mínimo requerido segundo a ANVISA (2012) é de 6 g.100g⁻¹.

Os parâmetros utilizados para determinar a composição das formulações dos bolos estão listados na tabela 19.

Tabela 19 - Composição centesimal das formulações de bolos com farinha de arroz e feijão-caupi

Bolo Arroz e Feijão-caupi	
Proteína Bruta (%)	9,2
Proteína Solúvel (%)	58,1
Lipídios(%)	11
Fibras (%)	2
Cinzas (%)	0,7
Umidade(%)	26,2
Carboidratos(%)	51
Conteúdo Calórico (Kcal)	339,8
Bolo 7 Grãos	
Proteína Bruta (%)	6,8
Proteína Solúvel (%)	58
Lipídios(%)	14,5
Fibras (%)	3,3
Cinzas (%)	1,9
Umidade(%)	25,9
Carboidratos(%)	47,5
Conteúdo Calórico (Kcal)	348,2

A solubilidade das proteínas em água do bolo “arroz e feijão” foi de 58,1% e do bolo “7 grãos” foi de 58%. Mizubuti et al (2000) observou em farinha de feijão guandu 25,62% de solubilidade protéica, isso indica que os bolos possuem uma solubilidade ideal na aplicação de formulações de produtos de padaria e confeitaria. O conteúdo calórico dos dois bolos foi abaixo do encontrado em bolos comerciais (410 Kcal), variando de 339,8Kcal a 348,25Kcal.

Os teores dos minerais: ferro, potássio, magnésio e zinco apresentaram valores satisfatórios, principalmente o ferro e o zinco.

Comparando-se a ingestão diária de referência (DRI) para adultos e crianças com idades entre 1 e 10 anos de ambos os sexos, às quantidades presentes no

bolo elaborado com farinhas de arroz e feijão-caupi e no bolo elaborado com 7 grãos foram significativas. Além disso, conforme a Resolução Nº 54 de 12 de novembro de 2012 da ANVISA (BRASIL, 2012), alimentos sólidos adicionados de nutrientes que forneçam no mínimo 15% da DRI de referência podem receber o *claim* “FONTE” e no mínimo 30% o *claim* “ALTO CONTEÚDO” conforme observamos na tabela 20.

O bolo considerado com alto conteúdo de ferro foi o bolo “7 grãos” e ambas as formulações são fonte de zinco para crianças de 1 a 10 anos.

Tabela 20 – Teores de minerais nas formulações dos bolos com feijão-caupi e seus atributos na ingestão diária de referência (DRI)

Bolo Arroz e Feijão-caupi					
	mg.100g ⁻¹	DRI Adultos	Atributo	DRI crianças 1 a 10 anos	Atributo
Ferro	2,6	18,50%	fonte	34,60%	alto conteúdo
Potássio	293,6	-	-	-	-
Magnésio	44,5	17,11%	fonte	51,70%	alto conteúdo
Zinco	1	14,20%	-	21%	fonte

Bolo 7 Grãos					
	mg.100g ⁻¹	DRI Adultos	Atributo	DRI crianças 1 a 10 anos	Atributo
Ferro	4,4	31,40%	alto conteúdo	58,60%	alto conteúdo
Potássio	239,2	-	-	-	-
Magnésio	48,1	18,50%	fonte	55,90%	alto conteúdo
Zinco	0,9	12,80%	-	18,50%	fonte

O volume específico e a densidade mostram claramente a relação entre o teor de sólidos e a fração de ar existente na massa assada. Massas com densidade alta ou volume específico baixo apresentam aspecto desagradável ao consumidor,

associadas com alto teor de umidade, falhas no batimento e cocção, pouca aeração, difícil mastigação, sabor impróprio e baixa conservação. Por isso os bolos necessitam de quantidade adequada de líquidos, fermento químico, emulsificante e aeração adequados.

Granulometria maior é característica de massas com grande volume e menor densidade. Os bolos, pelo seu alto teor de líquidos, apresentam-se como produtos macios e aerados, com menor volume específico e maior densidade da massa, quando comparados com outros produtos derivados de trigo como pães e biscoitos (ESTELLER et al., 2005). O bolo “arroz e feijão” apresentou volume específico de $1,97\text{cm}^3.\text{g}^{-1}$ e densidade de $0,51\text{ g.mL}^{-1}$ e o bolo “7 grãos” apresentou volume específico de $1,73\text{ cm}^3.\text{g}^{-1}$ e densidade de $0,58\text{ g.mL}^{-1}$. Comparando os resultados de volume específico com bolos comerciais preparados com farinha de trigo, em que o volume específico fica em torno de $2,68\text{ cm}^3.\text{g}^{-1}$, a diferença é significativa, o que pode ser justificado pela presença de maior quantidade, e principalmente da qualidade das proteínas nessa farinha.

O colapso expressa a diferença de altura do bolo, quando eles são retirados do forno e depois de 1 hora. Constitui um importante parâmetro de avaliação em produtos de panificação, pois indica a qualidade da massa após o forneamento. Foegeding, Luck e Davis (2006), constataram que com a elevação da temperatura no forneamento, a desnaturação proteica e a gelatinização do amido determinam o volume do bolo, firmeza ou colapso de sua estrutura. O desenvolvimento simétrico e a qualidade de contorno de massa durante e após o forneamento constituem características importantes no processamento de produtos de panificação. A forma ou simetria de produtos de panificação deve ser uniforme e bem definida, caso contrário indica manuseio e processamento inadequados (BORGES et al., 2006).

O bolo da formulação 1 (arroz e feijão-caupi) apresentou um colapso inicial de 45,91mm e o colapso final de 43,01mm, e o bolo da formulação 2 (7 grãos) teve um colapso inicial de 46,69 mm e final de 45,74 mm, formulações estas que seguiram

um colapso desejável, segundo a metodologia da ICL Performance Products adaptada da AACC (1995), que determina a diferença entre os colapsos, como ideal em torno de 3 – 4 mm. Os resultados também podem ser justificados pela qualidade protéica da formulação, a qual é isenta de proteínas do glúten responsáveis por elasticidade, extensibilidade da massa e manutenção da estrutura pós forneamento.

A textura é um importante indicador de qualidade de um alimento e determinante na aceitação deste pelo consumidor (STEAR, 1990). É um atributo de múltiplos parâmetros, e é derivado da estrutura do alimento, sendo detectável por vários sentidos humanos, sendo os mais importantes o tato e a pressão. Os parâmetros que geralmente são analisados em bolos, independente de sua formulação são: coesividade, firmeza, elasticidade e mastigabilidade.

O perfil texturométrico das duas formulações está apresentado na tabela 21.

Tabela 21 – Perfil texturométrico das formulações de bolos com farinhas de arroz e feijão-caupi.

Bolos	Firmeza (N)	Coesividade	Elasticidade (mm)	Mastigabilidade (N.mm ⁻¹)
Bolo "Arroz e Feijão"	6,8	0,8	0,9	5,3
Bolo "7 Grãos"	6,3	0,6	0,8	3,3

Na variável firmeza é preferido por parte dos consumidores um produto que tenha textura macia. O resultado encontrado de 6,8 N no bolo “arroz e feijão” e 6,3 N no bolo “7 grãos” demonstram que bolos feitos com farinhas de arroz e feijão-caupi apresentaram maciez, devido sua firmeza baixa e volume alto.

A coesividade é o parâmetro que está relacionado com a integridade de uma massa. Valores baixos de coesividade caracterizam bolos de difícil manipulação e fatiamento porque esfarelam com facilidade. O valor de coesividade encontrado foi 0,8 na primeira formulação, e na segunda foi 0,6, formulações que contenham

farinha de trigo, a coesividade oscila entre 0,4 a 0,7, como foi observado em Moscatto et al (2004) e Esteller et al (2006).

A elasticidade é verificada principalmente em produtos estocados, onde produtos com maior tempo de armazenagem perdem essa característica. Uma maneira subjetiva de avaliar a elasticidade é através do *squeeze test*, em que o consumidor aperta ligeiramente com os dedos a massa assada para verificar quão facilmente esta retorna ao formato original. Quanto mais rápido retornar, maior será a elasticidade. Esse parâmetro manteve-se com um valor de 0,9 mm para o bolo “arroz e feijão” e 0,8 mm no bolo “7 grãos”, adequado em formulações de bolos em geral.

Segundo Esteller et al (2004) a mastigabilidade é um parâmetro de textura facilmente correlacionado com análise sensorial através de julgadores treinados. Amostras com maior teor de fibras ou ressecadas necessitam de maior salivação e número maior de mastigações antes da deglutição. O enrijecimento de massas provoca maior necessidade de trabalho mecânico e movimentação da boca. Conforme os resultados obtidos, uma mastigabilidade de $5,3 \text{ N.mm}^{-1}$ no bolo “arroz e feijão” e $3,3 \text{ N.mm}^{-1}$ no bolo “7 grãos” ficam abaixo do resultado encontrado por Caruso (2012) que testou diversas formulações de bolos isentos de glúten encontrando valores de 13 a 19 N.mm^{-1} . Mas segundo Osawa (2009), quando a firmeza apresenta-se baixa, o valor da mastigabilidade também será menor.

Foi realizada análise sensorial com avaliadores não treinados. Nos testes afetivos o objetivo é medir atitudes subjetivas, como aceitação ou preferência de produtos. Os métodos mais empregados para medida da aceitação de produtos são as diversas formas de escala, como a hedônica e a de atitude (CHAVES & SPROESSER, 1993). Comparando-se as posições médias dos escores atribuídos aos bolos na escala hedônica de 7 pontos, verificou-se que a aceitação sensorial localizaram-se entre os pontos hedônicos 7 e 6, correspondentes aos termos “gostei muito” e “gostei moderadamente” significando que estes bolos foram bem

apreciados pelos avaliadores. Com relação à intenção de compra observou-se que, acima de 80% dos avaliadores “certamente comprariam” ou “comprariam” os produtos. No Índice de Aceitação do teste afetivo obteve-se 78% para o bolo “arroz e feijão” e 85% para o bolo “7 grãos”, de acordo com Teixeira, Meinert e Barbetta (1987), para que um produto seja considerado como aceito em termos de suas propriedades sensoriais, é necessário que obtenha um índice de aceitabilidade de, no mínimo, 70% e, neste caso, os bolos elaborados com farinhas de arroz e feijão-caupi tiveram boa aceitabilidade.

5. CONCLUSÕES

O descarte da água de maceração reduz os teores de proteína, lipídios, fibras e cinzas nos feijões BRS Executivo (Cranberry), BRS Embaixador (Red Kidney) e feijão-caupi BRS Novaera.

O feijão que apresentou menor tempo de cocção foi o feijão-caupi BRS Novaera quando macerado por 12 horas, sendo que, os feijões Red Kidney e Cranberry necessitam de maceração prévia para adquirirem textura adequada após o cozimento. E a adição do sal cloreto de potássio a 10% (sal light) diminui o tempo de cocção das cultivares BRS Embaixador, BRS Executivo e BRS Novaera.

A atividade antioxidante e o teor de fenóis totais são reduzidos quando descartada a água de maceração antes do cozimento nos feijões comum estudados, mas quanto aos fenóis simples, os processamentos não influenciam nos teores. O uso de maceração prévia ao cozimento diminui o conteúdo de antocianinas nos feijões Red Kidney, Cranberry e Novaera.

O conteúdo de taninos e de ácido fítico é reduzido quando se realiza maceração de 12 horas nos feijões, antes do cozimento.

Sensorialmente os feijões BRS Executivo, BRS Embaixador e BRS Novaera receberam valores semelhantes nos atributos, porém a cultivar preferida na avaliação foi a BRS Embaixador (Red Kidney).

Os bolos elaborados com farinhas mistas de arroz e feijão-caupi apresentaram boa aceitação, mantendo as características sensoriais e tecnológicas aceitáveis pelos consumidores. As formulações testadas resultaram em bolos com alto teor de proteínas e fibras, além de poderem ser consideradas fonte dos minerais, ferro, magnésio e zinco, sendo uma alternativa alimentar sem glúten.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACC – American Association of Cereal Chemists. **Approved methods of the American Association of Cereal Chemists**. 10^a ed. St. Paul, 1995.

ABDEL-AAL, E. S. M.; HUCL, P. Composition and stability of anthocyanins in blue-grained wheat. **Journal Agricultural Food Chemistry**, v.51, p.2174- 2180, 2003.

ABU-GHANNAM, N. Interpretation of the force deformation curves of soaked red Kidney beans. **International Journal of Food Science and Technology**, v.33, p.509-515, 1998.

ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos: uma breve revisão. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 66, n. 1, p. 232-240, 2007.

ANTUNES, P.L., SGARBIERI, V.C. Effect of heat treatment on the toxicity and nutritive value of dry bean (*Phaseolus vulgaris* var. Rosinha G2) proteins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.28, n.1, p.935-938, 1995.

ANVISA – Agência de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde. **Portaria nº354 de 11 de agosto de 2006. RDC nº 54 de 12 de novembro de 2012**. Disponível em: <www.anvisa.gov.br>. Acesso em: 20 de setembro de 2014.

ANZALDUA-MORALES, A. **La evaluación de los alimentos en la teoría y la práctica**. Zaragoza: Editora Acribia, 198p, 1994.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of Analysis**. 18 ed. Washington DC US, 2006.

ARAÚJO, G. A. A. Perfil sensorial e aceitabilidade de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, 2005.

ASAE – American Society of Agricultural Engineers. **Moisture measurement – unground grain and seeds**. In: Standards. St. Joseph: ASAE, p. 563, 2000.

ASHAYE, O.A. Effect of storage time and ionising irradiation on the physical properties, cooking time and sensory attributes of cowpea. **International Food Research Journal**, v.15 p.355-361, 2008.

BARAMPAMA, Z.; SIMARD, R. E. Effects of soaking, cooking and fermentation on composition, in-vitro starch digestibility and nutritive value of common beans. **Plant Foods for Human Nutrition**., Alemanha, v. 48, n. 4, p. 349-365, 1995.

BARBOSA, M. C. A. **Avaliação tecnológica de massas alimentícias de farinha mista de trigo e soja sem lipoxigenases**. 2002. 100f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos – Universidade Federal de Viçosa).

BARNETT, V; LEWIS, T. **Outliers in Statistical Data**. John Wiley & Sons, 3 edition, 1994.

BARRON, J.M.; COTA, A.G.; ANDUAGA, R. Texture evaluation of pinto beans (*Phaseolus vulgaris* var. UI-114) stored under controlled conditions. **Tropical Science**, v.35, p.327-331, 1995.

BASSINELLO, P. Z. Decoada e outros químicos para reduzir o tempo de cocção e seus efeitos na qualidade culinária de feijão. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 9., 2005, Goiânia, GO. **Anais**. Goiânia: Embrapa, p.691-694, 2005.

BAZZANO, L. A.; HE, J.; OGDEN, L. G.; LORIA, C.; VUPPUTURI, S.; MYERS, L. WHELTON, P. K. Legume Consumption and Risk of Coronary Heart Disease in US Men and Women. **Archives of International Medicine**, v.161, n.21, p.2573-2578, 2001.

BOATENG, J.; VERGHESE, M.; WALKER, L. T.; OGUTU, S. Effect of processing on antioxidant contents in selected dry beans (*Phaseolus spp. L.*). **LWT – Food Science and Technology**, v.41, n.9, p.1541-1547, 2008.

BONETT, L.P.; BAUMGARTNER, M.S.T.; KLEIN, A.C.; SILVA, L.I. Compostos nutricionais e fatores antinutricionais do feijão comum. **Arquivos de Ciência e Saúde Unipar**, v.11, n.3, p.235-246, 2007.

BORGES, J. T. S. Utilização de farinha mista de aveia e trigo na elaboração de bolos. **Boletim do CEPPA**, v. 24, n. 1, p. 145-162, 2006.

BOTELHO, F. T. **Consumo de feijão e efeitos do processamento na cocção sobre compostos fenólicos, capacidade antioxidante e atributos sensoriais**. 2014. 135f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial)- Faculdade de Agronomia —Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

BOTELHO, R. A.; ARAUJO, W. M. C.; ZANDONADI, R. P.; RAMOS, K. L. **Transformação dos alimentos: cereais e leguminosas**. In: ARAUJO, W. M. C.;

MONTEBELLO, N. P.; BOTELHO, R. A.; BORGIO, L. A. Alquimia dos alimentos. Brasília: SENAC, 2007.

BOURNE, M.C.A. Classification of objective methods for measuring texture and consistency of foods. **Journal Food Science**, v.31, p.1011-1022, 1966.

BRACKMANN, A.; NEUWALD, D. A.; RIBEIRO, N. D.; MEDEIROS, E. A. A. Condição de armazenamento de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) do grupo carioca FT Bonito. **Revista Brasileira de Armazenamento**. n. 27 p. 16-20, 2002.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie**, v.28, p.25-30, 1995.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pesquisa e Agropecuária – MAPA. Anexo 1- **Requisitos mínimos para determinação do valor de cultivo e uso de feijão (*Phaseolus vulgaris*) para a inscrição no registro nacional de cultivares – RNC** – 2006. Brasília, DF, 2006. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 08 de julho de 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Coordenação Geral da Política de Alimentação e Nutrição. **Guia Alimentar para a população brasileira Promovendo à Alimentação Saudável**. Edição Especial, Série A. Normas e Manuais Técnicos. Brasília – DF, 2008.

BRASIL. Agência Nacional de vigilância Sanitária. Resolução nº53 de 15 de junho de 2000. Dispõe sobre o **Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de**

Mistura à base de Farelo de Cereais. Diário Oficial da União, Brasília, 19 jun. 2000. Seção 1, p.36.

BRESSANI, R. Grain quality of common beans. **Food Reviews International**, Inglaterra, v. 9, p. 237-297, 1993.

BRESSANI, R. Evaluación de dos métodos para establecer el contenido de polifenoles en frijol crudo y cocido, y efecto que estos provocan en la digestibilidad de la proteína. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 41, n. 4, p. 570-583, 1991.

BRESSANI, R.; ELÍAS, L. G.; ESPAÑA, M. E. Posibles relaciones entre medidas físicas, químicas y nutricionales en frijol comum (*Phaseolus vulgaris*). **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 31, n. 3, p. 551-570, 1981.

BRIGIDE, P. **Disponibilidade de ferro em grãos de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) irradiados.** [Dissertação] Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 2002.

CARBONARO, M.; VIRGILI, F.; CARNOVALE, E. Evidence for protein–tannin interaction in legumes: implications in the antioxidant properties of Faba bean tannins. **Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie**, v. 29, n. 8, p. 743-750, 1996.

CARBONELL, S.A.M.; CARVALHO, C.R.L.; PEREIRA, V.R. Qualidade tecnológica de grãos de genótipos de feijoeiro cultivados em diferentes ambientes. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.3, p.369-379, 2003.

CARNEIRO, J. C. S.; MINIM, V. P. R.; SOUZA, 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, 2005.

CARUSO, V.R. **Mistura para o preparo de bolo sem glúten**. 131p. Dissertação de Mestrado Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos. Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia. São Caetano do Sul, 2012.

CASTELLANE, P. D.; VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. Feijão-de-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.): Cultivo e produção de sementes. Jaboticabal, **FUNEP/FCAV-UNESP**, 60p, 1988.

CASTELLANOS, J.Z.; GUZMAN-MALDONADO, H.; ACOSTA-GALLEGOS, J.A.; KELLY, J.D. Effects of hardshell character on cooking time of common beans grown in the seiarid highlands of Mexico. **Journal of the Science Food and Agriculture**, London, v.69, n.4, p.437-443, 1995.

CHAVES, J.B.P.; SPROESSER, R.L. **Práticas de laboratório de análise sensorial e alimentos e bebidas**. Viçosa, MG: UFV, 81p. 1993.

CHEYNIER, V. Polyphenols in foods are more complex than often thought. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 81, n. 1, p. 223S-229, 2005.

CHIARADIA, A.C.N.; GOMES, J.C. **Feijão: química, nutrição e tecnologia**. VIÇOSA: Fundação Arthur Bernades, 180p. 1997.

COELHO, J. V.; LAJOLO, F. M. Evolução dos fenólicos totais e taninos condensados (proantocianidinas) durante o desenvolvimento das sementes do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 43, n. 1, p. 61-65, 1993.

COLPO E, FRIEDRICH L, OLIVEIRA VR, ROSA CS. Benefícios do uso da semente de linhaça. **Revista nutrição em Pauta**. n. 19, v.109, p. 53-62, 2006.

CONAB. Indicadores agropecuários. **Feijão**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 11 Set. 2014.

COSTA, A. O processamento doméstico do feijão-comum ocasionou uma redução nos fatores antinutricionais fitatos e taninos, no teor de amido e em fatores de flatulência rafinose, estaquiose e verbascose. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 51, n. 3, p. 276-283, 2001.

COSTA, E.G.A.; MONICI, K. S. Q.; 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, p.327-330, 2006.

COSTA, G.R.; RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.F.B. Variabilidade para absorção de água nos grãos de feijão do germoplasma da UFLA. **Ciência e Agrotecnologia, Lavras**, v.25, n.4, p.1017-1021, 2001.

CROWFORD, A. M. **Alimentos: seleção e preparo**. Rio de Janeiro: Distribuidora Record de Serviços de Imprensa Ltda.; 214 p.1966.

DALLA CORTE, A.; MODA-CIRINO, V.; SCHOLZ, M.B.S.; DESTRO, D. Environment effect on grain quality in early common bean cultivars and lines. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.3, n.3, p.193-202, 2003.

DAMODARAN S. Food proteins: an overview. In: DAMODARAN, S.; PARAF, A. (Ed.). **Food proteins and their applications**. p.250, 1997.

DEBOUCK, D.G. Systematics and morphology. In: SCHOONHOVEN, A.; VOYSEST, O. (Ed.). Common beans: research for crop improvement. **Cali: CIAT**. p.55-118, 1991.

DEGÁSPARI, C. H; WASZCZYNSKYJ, N. Propriedades antioxidantes de compostos fenólicos. **Visão Acadêmica**, v. 5, n. 1, p. 33-40, 2004.

DELFINO, R.A.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G. Interação de polifenóis e proteínas e o efeito na digestibilidade protéica de feijão comum cultivar Pérola. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v.30, n.2, p.308-312, 2010.

DELLA, G.; QUILLIEN, L.; GUEGUEN, J. Relationships between processing conditions and starch and protein modifications during extrusion-cooking of pea flour. **Jornal of the Science of Food Agriculture**., v. 64, n. 4, p. 509-517, 1994.

DESHPANDE, S.S. Food of legume in human nutrition: a personal perspective. Critical Reviews in **Food Science and Nutrition**, v.32, p.333-363, 1992.

DESHPANDE, S. S.; 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.

DÍAZ-BATALLA, L.; WIDHOLM, J. M.; FAHEY, JR. G. C.; CASTAÑO-TOSTADO, E.; PAREDES-LÓPEZ, O. Chemical components with health implications in wild and cultivated Mexican common bean seeds (*Phaseolus vulgaris* L.). **Jornal of Agriculture of Food Chemistry**, v. 54, p. 2045-2052, 2006.

DODSON, H. G.; MURPHY, J. B.; MORELOCK, T. E. Identifying amounts and types of anthocyanins in cultivars and breeding lines of cowpea. **Hort Science**, v. 39, n. 3, p. 655, 2005.

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.

DREOSTI, I. E. Antioxidant polyphenols in tea, cocoa, and wine. **Nutrition**, v. 7-8, n. 16, p. 692-694, 2000.

DUARTE-ALMEIDA, J. M.; DOS SANTOS, R. J.; GENOVESE, M. I; LAJOLO, F. M. Avaliação da atividade antioxidante utilizando sistema β -caroteno/ácido linoléico e método de seqüestro de radicais DPPH. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.26, p.446-452, 2006.

DUTCOSKY, S.D. **Análise sensorial de alimentos**. Curitiba: Editora Champagnat, 123 p. 1996.

ELIA, F.M.; HOSFIELD, G.L.; KELLY, J.D.; UEBERSAX, M.A. Genetic analysis and interrelationships between traits for cooking time, water absorption, and protein and

tannin content of Andean dry beans. **Journal American Society Horticulture Science**, v.122, n.4, p.512-518, 1997.

ELIAS, L. G.; BRESSANI, R. Effect of salt solutions on the cooking time, nutritional and sensory characteristics of common beans. **Food Technology**, v. 22, p. 336-338, 1992.

EL-REFAI, A. A.; HARRAS, H. M.; EL-NEMR, K. M.; NOAMAN, M. A. Chemical and technological Studies on faba bean seeds. Effect of storage on some physical and chemical properties. **Food Chemistry**, v.29, p.27-39, 1988.

EMBRAPA. Sistemas de Produção do Feijoeiro, Ed. 5, 2014. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/CultivodoFeijoeiro/index.htm>>. Acesso em 29 de agosto de 2014.

ESTELLER, M.S.; JÚNIOR, O.Z.; LANNES, S.C.S. Bolo de chocolate produzido com pó de cupuaçu e kefir. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v.42, n.3, p.447-454, 2006.

ESTELLER, M.S.; LANNES, S.C.S. Parâmetros Complementares para Fixação de Identidade e Qualidade de Produtos Panificados. **Ciencia e Tecnologia de Alimentos**, v.25, n.4, p. 802-806, 2005.

ESTELLER, M.S.; AMARAL, R.L.; LANNES, S.C.S. Effect of Sugar and Fat Replacers on the Texture of Baked Goods. **Journal of Texture Studies**, Trumbull, v. 35, n.4, p. 383-393, 2004.

EYARU, R.; SHRESTHA, A.K.; ARCOT, J. Effect of various processing techniques on digestibility of starch in Red kidney bean and two varieties of peas. **Food Research International**, v.42, p.956-962, 2009.

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

FERREIRA, T.A.; ARÊAS, J.A.G. Calcium bioavailability of raw and extruded amaranth grains. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 2010.

FOEGEDING, E. A.; LUCK, P. J.; DAVIS, J. P. Factors determining the physical properties of protein foams. **Food Hydrocolloids**, v. 20, n. 2-3, p. 284-292, 2006.

FRAGA, C. G. **Plant phenolics and human health: biochemistry, nutrition and pharmacology**. New Jersey: Wiley & Sons, 593p. 2009.

FRANCO, G.; ELIAS, L.G.; BRESSANI, R. Significado de algunos factores antifisiológicos y nutricionales em la evaluación biológica de diferentes cultivares de frijol comum (*Phaseolus vulgaris*). **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v.32, n.4, p.945-960, 2008.

FREIRE FILHO, F.R. **Feijão-caupi no Brasil**. Editora Embrapa Meio Norte, Teresina, 1ª ed. 80p. 2011.

GEPTS, P.; DEBOUCK, D. G. Origin, domestication, and evolution of the common bean, *Phaseolus vulgaris*. In: SCHOONHOVEN, A. van; VOYSEST, O. (Eds.). **Common beans: research for crop improvement**. CIAT, p.7-53, 1991.

GILLETE, M. Applications of descriptive analysis. **Journal of Food Protection**, Des Moines, v.47, n.5, p. 403-409, 1984.

GONZÁLEZ, A.M.; MONTEAGUDO, A.B.; CASQUERO, P.A.; DeRON, A.M.; SANTALLA, M. Genetic variation and environment effects on agronomical and commercial quality traits in the main European market classes of dry bean. **Field Crops Research**, v.95, p.336-347, 2006.

GONZÁLES, G. C. A. Efecto del tratamiento térmico sobre el contenido de fibra dietética total, soluble y insoluble en algunas leguminosas. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 50, n. 3, p. 281-285, 2000.

GOYCOOLEA, F. et al. Efecto de los tratamientos caseros en la preparación de fríjol pinto (*Phaseolus vulgaris* L.) sobre el contenido de taninos y valor nutritivo de las proteínas. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 40, n. 2, p. 263-274, 1990.

GULARTE, M. A.; HERA, E. de La; GÓMEZ, M.; ROSELL, C. M. Effect of different fibers on batter and gluten-free layer cake properties. **LWT - Food Science and Technology**, v.48. 2012.

GULARTE, M. A. **Manual de Análise Sensorial de Alimentos**. Ed. graf UFPel: Pelotas, p.109, 2009.

HA, D.; NOH, M.; LEE, Y. Bias reduction of likelihood estimators in semi-parametric frailty models. **Scandinavian Journal of Statistics**, v. 37, n. 2, p. 307–320, 2010.

HALLIWELL, B. Antioxidants in human health and disease. **Annual Review Nutrition**, v.16, p. 33 - 50, 1996.

HARLAND, B. F.; NARULA, G. Foods phytate and its hydrolysis products. **Nutrition. Research**, v. 19, n. 6, p. 947-961, 1999.

HARO, A. de. La calidad nutritiva de las leguminosas: grano y su control genetico. In: CUBERO, J. I.; MORENO M. T. **Leguminosas de grano**. Madrid: Ediciones Mundi-prensa, p.213-224, 1983.

HAUG, W.; LANTZSCH, H.J. Sensitive method for rapid determination of phytate in cereals and cereal products. **Journal of Food Agriculture**, v. 34, p.1423-1426, 1983.

HEIMLER, D. Rapid tests to assess the antioxidant activity of *Phaseolus vulgaris* L. dry beans. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 8, p. 3053 - 3056, 2005.

HORWITZ, W. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 17 ed. Gaithersburg: AOAC, 2000. p. 15-18. (v. 2, Methods 985.35 e 984.27).

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **National household budget survey 2011-2012: per capita food consumption at home, Brazil and regions**. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

JANGCHUD, K.; BUNNAG, N. Effect of soaking time and cooking time on qualities of red kidney bean flour. **Kasetsart Journal**. v. 35, p.409-415, 2001.

JOURDAN, G.A.; NOREÑA, C.P.Z.; BRANDELLI, A. Inactivation of thypsin inhibitor activity from brazilian varieties of beans. **Food Science and Technology International**, v.13, n.195, p.195-198, 2007.

KAMOLWAN, J.; BUNNAG, N. Effect of soaking tié and cooking time on qualities of red kidney bean flour. **Kasetsart Journal: Natural Science** v.35, p.589-560, 2001.

KAUR, C.; KAPOOR, H. Antioxidants in fruits and vegetables – the mellennium's health. **International Journal of Food Science and Technology**, v.36, p.703-725, 2001.

KHOKHAR, S.; CHAUHAN, B. M. Antinutritional factors in Moth Bean (*Vigna aconitifolia*): Varital differences and effects of methods of domestics processing and cooking. **Journal of Food Science**, 51, 591-594, 1986.

KIGEL, J. Culinary and nutritional quality of *Phaseolus vulgaris* seeds as affected by environmental factors. **Biotechnological Agronomic Society Environmental**, Jerusalem, v.3 n.4, 1999.

KOLEVA, I. Screening of plant extracts for antioxidant activity: a comparative study on three testing methods. **Phytochemical analysis**, v.13, n.1, p.8-17, 2002.

KORUS, J.; GUMUL, D.; CZECHOWSKA, K. Effect of extrusion on the phenolic composition and antioxidant of dry beans of *Phaseolus vulgaris* L. **Bio Food Technologies**, v. 45, p.139-146, 2007.

KUSKOSKI, E. M. Atividade antioxidante de pigmentos antociánicos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 4, p. 691-693, 2004.

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.

LANDIM, L. A. S. R.; CUNHA, E. M. F.; ARAÚJO, M. A. M.; SILVA, M. M. R.; MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R. **Conteúdo de fenólicos totais, antocianinas, taninos e atividade antioxidante de três cultivares de feijão-caupi**. III CONAC - Congresso Nacional de Feijão Caupi. Recife. 2013.

LAWLESS, H. T.; HEYMANN, H. Sensory evaluation of food principles and practices. 1ed. Missori: **Food Science** Text Series, 1998.

LEVY-COSTA, R. B. et al. Disponibilidade domiciliar de alimentos no Brasil: distribuição e evolução (1974-2003). **Revista de Saúde Pública**, v.39, n.4, p.530-540, 2005.

LIMA, D. E. da S. Influência do melhoramento genético convencional sobre a atividade antioxidante de extratos etanólicos de compostos fenólicos do feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) WALP). In: ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE ECONOMIA DOMÉSTICA, 8., 2009, Fortaleza. **Resumos...** Fortaleza: ABED, 2009.

LIN, P-Y; LAI, H-M. Bioactive compounds in legumes and their germinated products, **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, n. 11, p. 3807–3814, 2006.

LIU, K.; MCWATTERS, K. H.; PHILLIPS, R. D. Protein insolubilization and thermal destabilization during storage as related to hard-to-cook defect in cowpeas. **Journal Agriculture Food Chemistry**, v. 40, p. 2483-2487, 1992.

LOMBARDI-BOCCIA, G. et al. The inhibitory effect of albumin extracts from white beans (*Phaseolus vulgaris*, L.) on in vitro iron and zinc dialysability: role of phytic acid. **Food Chemistry**, v. 63, n. 1, p. 1-7, 1998.

LU, W.; CHANG, K.C. Correlations Between Chemical Composition and Canning Quality Attributes of Navy Bean. **Cereal Chemistry**, v. 73 p. 785-787, 1996.

LUTHRIA, D. L.; PASTOR-CORRALES, M. A. Phenolic acids content of fifteen dry edible bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 19, p. 205–211, 2006.

MACHADO, C.M.; FERRUZZI, M.G.; NIELSEN, S.S; Impact of the hard-to-cook phenomenon on phenolic antioxidants in dry beans (*Phaseolus vulgaris*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington DC, v. 56, n. 9, p. 3102-3110, 2008.

MACZ-POP, G. A.; RIVAS-GONZALO, J. C.; PEREZ-ALONSO, J. J.; GONZÁLEZ-PARAMÁS, A. M. Natural occurrence of free anthocyanin aglycones in beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Food Chemistry**, v. 94, p. 448–456, 2006.

MANLEY, D. J. R. **Technology of biscuits, crackers and cookies**. England : Ellis Horwood Limited, 446p. 1983.

MARQUES MÉNDEZ, M.H. Insoluble dietary fiber of grain food legumes and protein digestibility. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 43, n. 1, p. 66-72, 1993.

MARTÍNEZ, D. B., IBÁÑEZ, G. V., RINCÓN, L. F. Ácido fólico: aspectos nutricionales e implicaciones analíticas. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.52, p.219-231, 2002.

MATTSON, S. The cookability of yellow peas: a colloid chemical and biochemical study. **Acta Agriculturae Scandinavica.**, v. 2, n. 1, p. 185-231, 1950.

MAZZA, G.; KAY, C. D.; COTTRELL, T.; HOLUB, B. J. Absorption of anthocyanins from blueberries and serum antioxidant status in human subjects. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.50, p.731-742, 2002.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 3ª ed. Florida: Press, 1991.

MESQUITA, F. R.; CORRÊA, A. D.; ABREU, C. M. P.; LIMA, R. A. Z. & ABREU, A. B. Linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.): Composição Química e Digestibilidade Protéica. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1114-1121, 2007.

MIZUBUTI, I; BIONDO, J.O.; OLIVEIRA, L.W.; FERREIRA, R.S. Propriedades químicas e conteúdo químico dos aminoácidos da farinha e concentrado protéico de feijão guandu. **B. CEPPA**, Curitiba, v.18, n.2, p.237-248, 2000.

MOLYNEUX, P. The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. **Songklanakarin Journal of Science Technology**, v.26, n.2, p.211-219, 2004.

MOREIRA, A. V. B.; MANCINI-FILHO, J. Influence of spices phenolic compounds on lipoperoxidation and lipid profile of rats tissues. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 17, n. 4, p. 411-424, 2004.

MORELLO, J. R.; MOTILVA, M. J.; TOVAR, M. J.; ROMERO, M. P. Changes in comercial virgin olive oil (cv Arbequina) during storage with special emphasis on the phenolic fraction. **Food Chemistry**, v.85, p.357 – 364, 2004.

MOSCATTO, J.A.; FERREIRA, S.H.P.; HAULY, M.C.O. Farinha de yacon e inulina como ingredientes na formulação de bolo chocolate. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.24, n.4, p.634-640, 2004.

MOSKOWITZ, H. R. **Product testing and sensory evaluation of foods**. Apropratches. Westport: Food and Nutrition Press, 605 p. 1983.

NAGURA, J.; ISSO, H.; WATANABE, Y.; MARUYAMA, K.; DATE, C.; TOYOSHIMA, H.; YAMAMOTO, A.; KIKUCHI, S.; KOIZUMI, A.; KONDO, T.; WADA, Y.; INABA, Y.; TAMAKOSHI, A. Fruit, vegetable and bean intake and mortality from cardiovascular disease among Japanese men and women: the JACC Study. **British Journal of Nutrition**, v.102, n.2, p.285-292, 2009.

NASAR-ABBAS, S. M.; PLUMMER, J. A.; SIDDIQUE, K. H. M.; WHITE, P.; HARRIS, D.; DODS, K. Cooking quality of faba bean after storage at hight temperature and the role of lignins and other phenolics in bean hardening. **LWT – Food Science and Technology**, v.41, p.1260 – 1267, 2008.

NERGIZ, C.; GÖKGÖZ, E. Effects of traditional cooking methods on some antinutrients and in vitro protein digestibility of dry bean varieties (*Phaseolus vulgaris*

L.) grown in Turkey. **International Journal of Food Science & Technology**, v.42, n.7, p.868-873, 2007.

NICOLETTI, A.M.; SILVA, L. P.; HECKTHEUER, L.H.; TOLEDO, G.S.P.; GUTKOSKI, L.C. Uso de subprodutos agroindustriais no desenvolvimento de macarrão nutricionalmente melhorado. **Alimentos e Nutrição**, v.18, n.4, p. 421-429, 2007.

NICOLI, M. C.; ANESE, M.; PARPINEL, M. Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 10, n. 3, p. 94-100, 1999.

OLIVEIRA, V. R.; RIBEIRO, N. D.; JOST, E.; COLPO, E.; POERSCH, N. L. Perfil sensorial de cultivares de feijão sob diferentes tempos de cozimento. **Alimentos e Nutrição**, v. 24, n. 2, p. 145-152, 2013.

OLIVEIRA, V.R., RIBEIRO, N.D., JOST, E.; LONDERO, P.M.G. Nutritional and microbiological quality of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) cooked with or without the use of soaking water. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, p. 1912-1918, 2008.

OLIVEIRA T.M.; PIROZI, M.R.; BORGES, J.T.S. Elaboração de pães de sal utilizando farinha mista de trigo e linhaça. **Alimentos e Nutrição**, v. 2, n.18, p.141-150. 2007.

OLIVEIRA, A. C.; CARRARO, F.; REIS, S. M. P. M. The elimination of the not absorbed water during common bean soaking resulted in weight gain in rats. **Brazilian Journal of Nutrition**, v.14, p.153-155, 2001.

OLIVEIRA, A. C.; REIS, S. M. P. M.; LEITE, E. C.; VILELA, E. S. D.; PÁDUA, E. A.; TASSI, E. M. M.; CÚNEO, F.; JACOBUCCHI, H. B.; PEREIRA, J.; DIAS, N. F. G. P.; BARRUETO-GONZALEZ, N. B.; ZINSLY, P. F. Uso doméstico da maceração e seu efeito no valor nutritivo do feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista de Nutrição**, v.12, n.2, p.191-195, 1999.

OOMAH, B. D.; CORBÉ, A.; BALASUBRAMANIAN, P. Antioxidant and anti-inflammatory activities of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) hulls. **Journal of Agriculture of Food Chemistry**, v.58, p.8225-8230, 2010.

ORNELLAS, L. H. **A alimentação através dos tempos**. 4ª ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 304p. 2008.

ORNELLAS, L.H. **Técnica Dietética. Seleção e Preparo dos alimentos**. 8ed. São Paulo: Atheneu, p. 250, 2007.

OSAWA, C.; FONTES, L.C.B.; MIRANDA, E.H.W.; CHANG, Y.K.; STEEL, C.J. Avaliação físico- química de bolo de chocolate com coberturas comestíveis à base de gelatina, ácido esteárico, amido modificado ou cera de carnaúba. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.29, p.92-99, 2009.

PAREDEZ-LOPEZ, O.; BARRADAS, I.; REYES-MORENO, C. Prediction of the of storage conditions on water content and water activity of common beans. **Journal of Food Science**, v.54, p. 1373-1374, 1991.

PAREDES-LÓPEZ, O.; MORENO-REYS,C.; MONTES-RIVERA,R.;CARABEZ-TREJO,A. Hard-to-cook phenomenon in common beans influence of growing loction

and hardening procedures. **International Journal of Food Science and Technology**, v.24 p.535-542, 1989.

PEREIRA, C. A. S.; COSTA, N. M. B. Proteínas do feijão preto sem casca: digestibilidade em animais convencionais e isentos de germes (germ-free). **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 5-14, 2002.

PHILIPPI, S.T. **Pirâmide dos alimentos: fundamentos básicos da nutrição**. Barueri, SP: Manole, 281p., 2008.

PHILIPPI, S. T. **Nutrição e técnica dietética**. Barueri: Manole, 304p., 2003.

PIGOTT, J.R.; SIMPSON, S.J.; WILLIAMS, A.R. Sensory analysis. **International Journal of Food Science and Technology**, v.33, p.7-18, 1998.

PIRES, C.V. Qualidade nutricional e escore químico de aminoácidos de diferentes fontes protéicas. **Ciência Tecnologia Alimentos**, v.26, n.1, p.179-187, 2006.

PIRES, C.V. Composição físico-química de diferentes cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Alimentos e Nutrição**, v.16, n.2, p. 157-162. 2005.

PLAAMI, S. Myoinositol Phosphates: analysis, content in foods and effects in nutrition. **Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie**, United Kingdom, v. 30, p. 633-647, 1997.

PRIOR, R. L. Fruits and vegetables in the prevention of cellular oxidative damage. **American Journal of Clinical Nutrition** v.78, n.3, p.570-581, 2003.

PROCTOR, J.R.; WATTS, B.M. Development of a modified Mattson bean cooker procedure based on sensory panel cookability evaluation. **Canadian Institute of Food Science and Technology Journal**, Ottawa, v.20 n.1, p.9-14, 1987.

PUJOLÁ, M.; FARRERAS, A.; CASAÑAS, F. Protein and starch content of raw, soaked and cooked beans. **Food Chemistry**, v.102, p.1034-1041, 2007.

RAMÍREZ-CÁRDENAS, L.; LEONEL, A. J.; COSTA, N. M. B. Effect of domestic processing on nutrient and antinutritional factor content in different cultivars of common beans. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28, p.200-213, 2008.

RANILLA, L. G.; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Effect of different cooking conditions on phenolic compounds and antioxidant capacity of some selected brazilian bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. **Journal Agriculture Food Chemistry**, v.57, p.5734-5742, 2009.

RE, R.; PHILIP, O.H. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology & Medicine**, New York, v. 26, n. 9-10, p.123-127, 1999.

REHMAN, Z.; SALARIYA, A. M.; ZAFAR, S. I. Effect of processing on available carbohydrate content and starch digestibility of kidney beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Food Chemistry**, v.73, n.3, p.351-355, 2001.

REIS, N. T. **Nutrição Clínica: interações**. São Paulo: Atheneu, 541p. 2004.

REYS-MORENO, C.; PAREDES-LÓPEZ O. Hard-to-cook Phenomenon in Common Beans – A Review. Critical Reviews in **Food Science and Nutrition**, v.33, p.227-286, 1993.

RICE-EVANS, C. A.; MILLER, N. J.; PAGANGA, G. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. **Free Radical Biology & Medicine**, v. 20, n. 7, p. 933-956, 1996.

ROUSSEUW, P.J.; LEROY, A.M. **Robust regression and outlier detection**. John Wiley and Sons, New York, 1987.

RUPOLLO, G. **Efeitos das condições e do tempo de armazenamento na qualidade de grãos de feijão carioca**. 2011. 79f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) - Faculdade de Agronomia —Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

SARMIENTO-CONSOLE, F.M.Z. **Otimização das condições de hidrólise ácida do amido de mandioca para a obtenção de substituto de gordura: caracterização de hidrolisados e aplicação em bolos**. 2010. 80f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos)- Universidade Federal de Santa Catarina.

SARMIENTO-CONSOLE, F.M.Z. Condições de hidrólise ácida do amido de mandioca para a obtenção de substituto de gordura. **Tecnologia de alimentos**. v.30,n.3,p.741-750,1998.

SATHE, S. K. Dry Bean Protein Functionality. **Critical Reviews Biotechnology, Inglaterra**, v. 22, n. 2, p. 175-223, 2002.

SCHLINDWEIN, M. M.; KASSOUF, A. L. Mudanças no padrão de consumos de alimentos tempo-intensivos e de alimentos poupadores de tempo, por região do Brasil. In: SILVEIRA, F. G. et al. **Gasto e consumo das famílias brasileiras contemporâneas**. Brasília: Ipea, v. 2, 2007.

SGARBIERI, V. C. Composition and nutritive value of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **World Review of Nutrition Dietetics**, v.60, p.132-198, 1989.

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

SHAHIDI, F.; NACZK, M. **Phenolics in food and nutraceuticals**, CRC Press, Boca Raton, FL, 2004. 576p.

SHAHIDI, F.; NACZK, M. Food phenolics, sources, chemistry, effects, applications. **Technomic Publishing Co Inc.**, Lancaster, p.9-42, 1995.

SHIMELIS, E.A.; RAKSHIT, S.K. Promoximate composition and physico-chemical properties of improved dry bean varieties grown in Ethiopia. **Journal of Food Science**, v.38, p.331-338, 2005.

SIDDHURAJU, P.; BECKER, K. The antioxidant and free radical scavenging activities of processed cowpea seed extracts. **Food Chemistry**, v.101, p.10-19, 2007.

SILVA, M. R.; SILVA, M. A. A. P. Aspectos nutricionais de fitatos e taninos. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 12, n. 1, p. 21-32, 1999.

SILVA, M. R. **Caracterização química e nutricional da farinha de jatobá (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.): desenvolvimento e otimização de produtos através de testes sensoriais afetivos**. Campinas, 1997. 154p. Tese (Doutor em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

SIMÕES, M. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 5. ed. Rio Grande do Sul: Ed. da UFRGS, 1102p. 2003.

SMARTT, J. **Grain legumes: evolution and genetic resources**. Crambridge University Press, Cambridge, 520p. 1990.

SMITH, M. A. L.; MARLEY, K. A.; SEIGLER, D.; SINGLETARY, K. W.; MELINE, B. Bioactive properties of wild blueberry fruits. **Journal of Food Science**, v.65, n.2, p.352-356, 2000.

SOUSA, C. M. M. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 351-355, 2007.

SOUZA,E.L.;PINTO,I.C.S.;OLIVEIRA,M.E.G.;LIMA,M.A.;DONATO,N.R.;CAMBUIM,R .B. Fatores antinutricionais: elementos de interferência sobre a biodisponibilidade de nutrientes. **Higiene alimentar**, v.19, n.131, p.19-23, 2005.

STEAR, C.A. Handbook of Breadmaking Technology, London: **Elsevier Applied Science**, p.467-478. 1990.

STONE, H.S.; SIDEL, J.L. **Sensory evaluation practices**. San Diego: Academic Press, 308p. 1993.

STRINGHETA, P. C. **Identificação da estrutura e estudo da estabilidade das antocianinas extraídas da influorescência de capim gordura (*Melinis minutiflora*, Pal de Beauv).** 1991. 138 f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1991.

SULTAN, W. J. **Practical baking.** 4 ed. New York : Van Nostrand Reinhold Company, 713p. 1986.

SZCZESNIAK, A.S. Texture is a sensory property. **Food Quality and Preference** v.13, p.215-255, 2002.

TEIXEIRA, E.; MEINERT, E. M.; BARBETTA, P. A. **Análise sensorial de alimentos.** Florianópolis: UFSC, 1987.

TSUDA, T.; WATANABE, M.; OHSHIMA, K.; NORINOBU, S.; CHOI, S.W. Antioxidative activity of the anthocyanin pigments cyaniding 3-O-beta-d-glucoside and cyanidin. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.42, n.11, p.2407–2410, 1994.

URGA, K.; FUFA,H.; BIRATU,E.;GEBRETSADIK, M. Effects of blanching and soaking of some physical characteristics of Grass pea (*Lathirus sativus*). **African Journal of Food Agriculture Nutrition and Development**. Nairobi, v.6, n.1.p.1-17, 2006.

VALDÉS, S. T.; COELHO, C. M. M.; MICHELLUTI, D. J.; TRAMONTE, V. L. C. G. Association of genotype and preparation methods on the antioxidante activity, and

antinutrients in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **LWT – Food Science and Technology**, v.44, p.2104 – 2111, 2011.

VALKO, M. Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. **International Journal of Biochemistry and Cell Biology**, Oxford, v. 32, n. 3, p. 3-41, 2006.

VALKO, M. et al. Role of oxygen radicals in DNA damage and cancer incidence. **Journal Molecular and Cellular Biochemistry**, v. 266, n. 1-2, p. 37-56, 2004.

VILLAVICENCIO, A.L.C.H.; MANCINI-FILHO, J.; DELINCÉE, H.; GREINER, R. Effect of irradiation on antinutrients in Brazilian beans. **Radiation Physics and Chemistry**, v.53, p.289-293, 2000.

VINDIOLA, O. L.; SEIB, P. A.; HOSENEY, R. C. Accelerated development of the hard-to-cook state in beans. **Cereal Food World**, v.31, p.538-552, 1986.

WANG, N.; HATCHER, D. W.; WARKENTIN, T. D.; TOEWS, R. Effect of cultivar and environment on physicochemical and cooking characteristics of field pea (*Pisum sativum*). **Food Chemistry**, v. 118, p. 109–115, 2010.

WANG, H.; CAO, G.; PRIOR, R. Oxygen radical absorbing capacity of anthocyanins. **Food Chemistry**, v.45, p.304-309, 1997.

WATTS, B.M. **Métodos sensoriais básicos para la evaluación de alimentos**. Secretaria de Estado. Ottawa: Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, 170p. 1992.

WELCH, R. M. et al. Genetic selection for enhanced bioavailable levels of iron in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seeds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 48, n. 8, p. 3576-3580, 2000.

WRIGHT, J.; TREUILLE, E. **Le cordon bleu – todas as tecnicas culinarias**. São Paulo: Editora Marco Zero; 263p.1997.

XU, B.; CHANG, S. K. C. Total phenolic, phenolic acid, anthocyanin, flavan-3-ol, and flavonol profiles and antioxidant properties of Pinto and Black beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as affected by thermal processing. **Journal Agriculture Food Chemistry**, v.57, p.4754-4764, 2009.

XU, B.J.; CHANG, S.K.C. Total phenolic content and antioxidant properties of eclipse black beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as affected by processing methods. **Journal of Food Science**, Guyfuyf, v. 73, n.2, p.H19-H27, 2008.

YOUSIF, A.M.; DEETH, H.C.; CAFFIN, N.A. Effect of storage time and conditions on the hardness and cooking quality of adzuki (*Vigna angularis*). **Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie**, v.35, p.338-343, 2002.

ZULUETA, A.; ESTEVE, M. J.; FRÍGOLA, A. ORAC and TEAC assays comparison to measure the antioxidant capacity of food. **Food Chemistry**, 2008.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Modelo da ficha de avaliação sensorial das amostras de feijão.

Avaliação de atributos sensoriais das amostras de feijão.		
Nome:..... Data:.....		
Por favor, faça um traço vertical na escala no ponto que melhor descreve a intensidade de cada característica das amostras de feijão.		
<u>APARÊNCIA</u>	Amostra	
Uniformidade da cor	238	POUCAregularMUITA
	173	
	466	
<u>TEXTURA</u>		
Maciez dos grãos	238	POUCOregularMUITO
	173	
	466	
Granulosidade	238	AUSENTEregularMUITO
	173	
	466	
Casca residual	238	POUCAregularMUITA
	173	
	466	
<u>GOSTO</u>		
Amargo	238	POUCOregularMUITO
	173	
	466	
Dentre as amostras, marque qual a de sua preferência. 238173466		
Comentário adicional:		

APÊNDICE B - Modelo da ficha de avaliação sensorial das amostras de feijão.

Termo descritor	Definição
Uniformidade da cor	Presença de apenas uma tonalidade de cor no tegumento.
Gosto amargo	Atributo de sabor associado aos taninos.
Maciez do grão	Medida pela força necessária para romper o grão pelos dentes molares. Quanto menor a força para romper o grão de feijão, maior é a sua maciez.
Granulosidade	Presença de grânulos grosseiros observados durante a mastigação.
Casca residual	Presença de casca na boca após a mastigação.