



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS

JÚLIA MEDEIROS BEZERRA

**QUANTIFICAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS E CAPACIDADE
ANTIOXIDANTE EM CULTIVARES DE FEIJÃO-CAUPI**

POMBAL - PB

2015

JÚLIA MEDEIROS BEZERRA

**QUANTIFICAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS E CAPACIDADE
ANTIOXIDANTE EM CULTIVARES DE FEIJÃO-CAUPI**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais do Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para obtenção do Título de Mestre (M. Sc.) em Sistemas Agroindustriais – Linha de pesquisa: Tecnologia de Alimentos em Sistemas Agroindustriais.

ORIENTADORA: PROF^a. D. Sc. ADRIANA FERREIRA DOS SANTOS

POMBAL – PB
2015

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA SETORIAL
CAMPUS POMBAL/CCTA/UFCG

DIS

B574q

Bezerra, Júlia Medeiros.

Quantificação de compostos bioativos e capacidade
antioxidante em cultivares de feijão-caupi / Júlia Medeiros Bezerra.
– Pombal, 2017.

53f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) –
Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e
Tecnologia Agroalimentar, 2015.

"Orientação: Profa. Dra. Adriana Ferreira dos Santos".

1. *Vigna unguiculata*. 2. Antioxidante. 3. Composto bioativo. 4.
Alimento funcional. I. Santos, Adriana Ferreira dos. II. Título.

UFCG/CCTA

CDU 633.35(043)

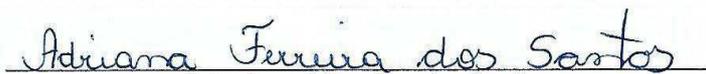
JÚLIA MEDEIROS BEZERRA

**QUANTIFICAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS E
CAPACIDADE ANTIOXIDANTE EM CULTIVARES DE FEIJÃO-
CAUPI**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais do Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para obtenção do Título de Mestre (M. Sc.) em Sistemas Agroindustriais – Linha de pesquisa: Tecnologia de Alimentos em Sistemas Agroindustriais.

CONCEITO: Aprovado em 31/07/2015

EXAMINADORES:



Prof.^a D. Sc. Adriana Ferreira dos Santos

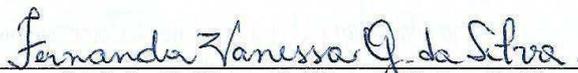
- Orientadora -

UATA/CCTA/UFCG



Prof. D. Sc. Anielson dos Santos Souza

UAGRA/CCTA/UFCG



Prof.^a D. Sc. Fernanda Vanessa Gomes da Silva

DTA/CTDR/UFPB

POMBAL – PB
2015

Aos meus pais Flávio e Darcira
Aos meus irmãos Fábio e Dário
Aos meus sobrinhos Nathan, Gabrielle e Davi

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me concedido saúde, disposição, perseverança e sabedoria para concluir mais essa etapa em minha vida.

A minha orientadora e amiga, professora Adriana Ferreira dos Santos, pela orientação, pelos valorosos ensinamentos durante toda minha jornada acadêmica desde o período da iniciação científica até o Mestrado, pelo incentivo à pesquisa, confiança, compreensão e apoio incondicional.

A Universidade Federal de Campina Grande, campus Pombal, ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais e a todos os professores que fazem parte do mesmo, pela oportunidade de realização do mestrado e aprimoramento dos meus conhecimentos.

Ao setor de Agricultura da Unidade de Agronomia na pessoa do professor Anielson dos Santos Souza, pelo fornecimento das cultivares do feijão-caupi.

Aos membros da Banca de Defesa, prof.^a D. Sc. Fernanda Vanessa e prof. D. Sc. Anielson dos Santos por terem aceitado participar de minha defesa e que pacientemente avaliaram cada item de minha pesquisa.

Aos meus pais, Flávio e Darcira, e aos meus irmãos Fábio e Dário por acreditarem em mim, pelo incentivo e apoio incondicional em todos os momentos. A toda minha família, que sempre acompanha todas as minhas conquistas. É muito bom poder contar com vocês!

A minha grande amiga e irmã Marlene pela parceria e colaboração, fundamentais durante toda condução deste trabalho. À professora Maíra Felinto, pelo apoio, disponibilidade e colaboração dedicados à realização deste trabalho.

Aos técnicos de laboratório Climene, Jeanne e Wélida, pela colaboração e amizade, em especial a Emanuel e Fabíola pelas contribuições dadas para realização deste trabalho.

Aos colegas do laboratório, Ana Marina, Amanda, Deocleciano, Diego, Jaízia e Jaqueline, pelo convívio, colaboração e pelos momentos de descontração, em meio às vidrarias e reagentes.

E a todos os que eu não mencionei, mas que estiveram presentes e contribuíram de alguma maneira para a realização deste trabalho, por meio de sentimentos, palavras ou atitudes.

Muito obrigada!!!

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.”

José de Alencar.

BEZERRA, J. M. **Quantificação de compostos bioativos e capacidade antioxidante em cultivares de feijão-caupi**. 2015. 64f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal - PB, 2015.

RESUMO

O feijão é uma leguminosa largamente consumida no mundo, estando-lhe associadas diferentes propriedades nutricionais. Com o presente estudo visou-se avaliar a influencia do cozimento na composição centesimal, compostos bioativos e capacidade antioxidante de cultivares de feijão-caupi. Foram analisadas oito cultivares: Costela de Vaca, BRS Marataoã, BRS Itaim, BR 17-Gurguéia, BRS Novaera, Paulistinha, Setentão e Patativa. Os grãos de cada cultivar foram submetidos a dois procedimentos diferentes para realização das análises: cru (pó homogêneo) e cozido (com maceração) sob pressão. Analisou-se a composição química das amostras, que incluiu a composição centesimal, com determinação da umidade, cinzas, lipídios, proteínas, carboidratos e valor energético, os parâmetros físico-químicos como pH, acidez, e açúcares, além das análises dos compostos bioativos, como os compostos fenólicos, ácido ascórbico, flavonoides, antocianinas e a capacidade antioxidante. Todas as análises foram realizadas em quadruplicata nas cultivares cruas, cozidas e do caldo de cocção, sendo os resultados expressos como média \pm desvio-padrão. Realizou-se a análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de *Tukey* ($p < 0,05$). Em relação a composição centesimal, o conteúdo de umidade ficou na faixa de 7-11% nas cultivares cruas e aumentou nas cozidas (60-70%). O conteúdo de proteínas diminuiu de forma significativa ($p < 0,05$) para todas as cultivares cozidas, assim como também o teor de cinzas, carboidratos e valor energético nas oito cultivares avaliadas. Para o conteúdo de açúcares totais e redutores, as cultivares cruas apresentaram teores de 11-13 mg /100 g e de 2-3 mg/100 g respectivamente, após o cozimento, foi observado uma redução destes teores. Para os compostos bioativos, a cultivar BRS Marataoã apresentou os maiores conteúdos de compostos fenólicos totais antes do cozimento (112,15 mg/100 g), após o cozimento houve uma redução destes compostos em todas as cultivares, com teores de 12-15 mg/100g, e o caldo apresentou maiores conteúdos, variando de 11-52 mg/100 g. Foram constatadas pequenas concentrações de antocianinas nas cultivares cruas, cozidas e no caldo de cocção, com destaque para a cultivar BRS Novaera (1,24 mg/100g⁻¹) em sua forma cozida. Para a capacidade antioxidante, observaram-se comportamentos diferenciados para cada cultivar no método avaliado. Antes do cozimento, a cultivar BRS Marataoã apresentou maior capacidade antioxidante (57,69 g feijão. g DPPH⁻¹). Após o cozimento, o caldo de cocção apresentou melhores resultados em relação aos grãos cozidos para seis das oito cultivares avaliadas, com destaque para a cultivar Costela de Vaca. Foi constatada forte correlação entre a capacidade antioxidante e o teor de fenólicos, flavonoides totais e ácido ascórbico. Concluiu-se que após o processamento, as cultivares mantiveram características nutritivas e funcionais relevantes, recomendando-se o consumo do feijão-caupi com o caldo de cocção para retenção de compostos com propriedades antioxidantes.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*, compostos bioativos, antioxidantes, alimento funcional, processamento.

BEZERRA, J. M. **Quantification of bioactive compounds and antioxidant capacity in cowpea cultivars.** 2015. 64f. Dissertation (Master in Agribusiness Systems) - Federal University of Campina Grande, Pombal – PB, 2015.

ABSTRACT

The beans is a legume that is widely consumed in the world, being it associated different nutritional properties. With the present study aimed to evaluate the influence of cooking on the chemical composition, bioactive compounds and antioxidant capacity of cowpea cultivars. Eight cultivars were analyzed: Costa de Vaca, Marataoã BRS, BRS Itaim, BR-17 Gurguéia, BRS Novaera, Paulistinha, Setentão and Patativa. The grain of each cultivar were submitted to two different procedures for carrying out the analyzes: raw (homogeneous powder) and cooked (maceration) under pressure. Was analyzed the chemical composition of samples that included the chemical composition, with determination of moisture, ash, lipids, proteins, carbohydrates and energy, the physical and chemical parameters such as pH, acidity and sugar, in addition to analyzes of bioactive compounds such as phenolic compounds, ascorbic acid, flavonoids, anthocyanins and antioxidant capacity. All analyzes were carried out in quadruplicate in raw varieties, cooked and cooking broth and the results expressed as mean \pm standard deviation. We conducted the analysis of variance and the means were compared by Tukey test ($p < 0.05$). With respect to chemical composition, moisture content was in the 7-11% range in the raw samples and increased the cooked (60-70%). The protein content significantly decreased ($p < 0.05$) for all baked varieties, as well as ash, carbohydrates and energy value in the eight cultivars. For the content of total and reducing sugars, the raw samples showed levels of 11-13 mg / 100 g and 2-3 mg / 100 g respectively, after cooking, it was observed a reduction in these levels. For bioactive compounds, BRS Marataoã had the highest total phenolic content before cooking (112.15 mg / 100 g), after cooking there was a reduction of these compounds in all cultivars with levels of 12-15 mg / 100g, and the broth showed higher contents ranging from 11-52 mg / 100 g. small concentrations of anthocyanins were found in raw varieties, cooked in broth and cooking, especially BRS Novaera (1.24 mg / 100g-1) in its cooked form. For the antioxidant capacity, there were different behaviors for each cultivar in the assessed method. Before cooking, BRS Marataoã showed higher antioxidant capacity (57.69 g beans. DPPH-1g). After cooking, the cooking broth showed better results compared to baked beans for six of the eight cultivars, especially to cultivate Costa cow. strong correlation between antioxidant capacity and phenolic content, total flavonoids and ascorbic acid was found. It was concluded that after processing, cultivars maintained relevant nutritional and functional characteristics, it is recommended to cowpea consumption with broth cooking for retaining compounds with antioxidant properties.

Keywords: *Vigna unguiculata*, bioactive compounds, antioxidants, functional food processing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Cultivar de feijão-caupi Costela de Vaca.....	27
Figura 2 – Cultivar de feijão-caupi BRS Marataoã	28
Figura 3 – Cultivar de feijão-caupi BRS Itaim.....	28
Figura 4 – Cultivar de feijão-caupi BR 17-Gurguéia	28
Figura 5 – Cultivar de feijão-caupi BRS Novaera.....	29
Figura 6 – Cultivar de feijão-caupi BRS Paulistinha	29
Figura 7 – Cultivar de feijão-caupi Setentão	29
Figura 8 – Cultivar de feijão-caupi Patativa.....	30

LISTA DE TABELAS

Tabela – 1 Composição centesimal e valor calórico das oito cultivares de feijão-caupi cruas e cozidas, Pombal-PB, 2014.....	37
Tabela – 2 Composição centesimal e valor calórico das oito cultivares de feijão-caupi cruas e cozidas, Pombal-PB, 2014	40
Tabela – 3 Valores médios e desvios padrão de pH e acidez titulável em oito cultivares de feijão-caupi cru e cozido, Pombal-PB, 2014.....	42
Tabela – 4 Valores médios e desvios padrão para açúcares redutores e totais em oito cultivares de feijão-caupi cru e cozido, Pombal-PB, 2014.....	43
Tabela – 5 Valores médios e desvios padrão para ácido ascórbico, antocianinas e flavonoides em oito cultivares de feijão-caupi cru e cozido, Pombal-PB, 2014.....	45
Tabela – 6 Valores médios e desvios padrão para compostos fenólicos e capacidade antioxidante em oito cultivares de feijão-caupi cru e cozido, Pombal-PB, 2014.....	47

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3 REVISÃO DA LITERATURA	14
3.1 FEIJÃO-CAUPI	14
3.2 COMPOSIÇÃO QUÍMICA E NUTRICIONAL.....	15
3.3 MELHORAMENTO GENÉTICO	16
3.4 PROCESSAMENTO DO FEIJÃO-CAUPI	18
3.5 COMPOSTOS BIOATIVOS	20
3.5.1 Compostos Fenólicos	21
3.5.2 Flavonoides	22
3.5.3 Antocianinas	23
3.5.4 Ácido ascórbico	24
3.6 CAPACIDADE ANTIOXIDANTE	25
4 MATERIAL E MÉTODOS	27
4.1 PROTOCOLO EXPERIMENTAL	27
4.2 ANÁLISE DAS AMOSTRAS	30
4.2.1 Preparo das amostras	30
4.2.2 Avaliações	30
4.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA	35
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
5.1 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL.....	36
5.2 AVALIAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS	40
5.3 COMPOSTOS BIOATIVOS	43
6 CONCLUSÕES	51
REFERÊNCIAS	52

1 INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), é uma das mais importantes leguminosas produzidas em regiões tropicais e subtropicais do mundo, principalmente nos países em desenvolvimento da África, América Latina e Ásia, sendo a principal fonte de proteínas, calorias, fibras alimentares, minerais e vitaminas para um grande segmento da população mundial (PHILLIPS et al., 2003; CARVALHO et al., 2012).

É uma cultura de importância econômica, cultivada por pequenos e médios produtores das regiões Nordeste e Norte do Brasil, representando uma das principais fontes de renda e emprego para a região, pelo baixo custo de produção, baixa exigência hídrica, rusticidade para se desenvolver em solos de baixa fertilidade e como suprimento nutricional, apesar disso, o manejo inadequado da cultura promove a obtenção de baixas produtividades e de grão com qualidade inferior. Popularmente conhecido por feijão-macassar, feijão-de-corda, feijão-de-praia, feijão-fraldinha ou feijão-miúdo (SINGH et al., 2002; FREIRE FILHO et al., 2005; FROTA et al., 2008).

Dentre as leguminosas, o feijão caracteriza-se por ser um alimento com um bom valor nutritivo, elevado teor de proteínas, fibras alimentares, que apresentam efeito hipoglicêmico e hipocolesterolêmico, carboidratos complexos e compostos fenólicos com elevada atividade antioxidante (SILVA; ROCHA; CANNIATTI BRAZACA, 2009).

Os antioxidantes são substâncias que podem retardar ou inibir danos oxidativos, evitando o início ou a propagação das reações de oxidação em cadeia e, dessa forma, podem prevenir doenças inibindo os prejuízos causados por radicais livres no organismo (SILVA; ROCHA; CANNIATTI BRAZACA, 2009). Radicais livres são moléculas instáveis e altamente reativas, produzidos naturalmente nos processos metabólicos ou por alguma disfunção biológica, e que são combatidos por antioxidantes produzidos pelo corpo ou absorvidos da dieta, como os compostos fenólicos e flavonoides (BARREIROS; DAVID, 2006).

A capacidade antioxidante dos alimentos depende da forma como este é consumido, seja *in natura* ou processado. Kaur (2001) considera que o tratamento térmico é a principal causa da alteração do teor de antioxidantes naturais em alimentos. O processamento e os procedimentos para a preservação dos alimentos podem ser responsáveis tanto pelo aumento quanto pelo decréscimo da ação antioxidante, dependendo de muitos fatores, tais como: estrutura química, potencial de oxirredução, sua localização na matriz e possíveis interações com outros componentes do alimento (NICOLI; ANESE; PARPINEL, 1999).

Os programas de melhoramento genético do feijoeiro visam obter cultivares que apresentem alta produtividade, aliada a resistência às doenças, com produção de grãos apresentando forma, tamanho, cor e brilho aceitáveis no mercado. Além disso, os grãos de feijão devem possuir características culinárias e nutricionais desejáveis, como facilidade de cocção, boa palatabilidade, textura macia do tegumento, capacidade de produzir caldo claro e denso após o cozimento, maior teor de proteínas e minerais (MESQUITA et al., 2006).

Diversos métodos têm sido utilizados para melhorar a qualidade nutricional do feijão, como o descascamento, a maceração, o cozimento e a germinação. Os efeitos variam dependendo da cultivar e do tratamento. Em geral, todos estes processos reduzem os fatores antinutricionais, além da ocorrência de perdas no conteúdo de proteínas, vitaminas e minerais (RAMÍREZ-CÁRDENAS; LEONEL; COSTA, 2008).

Tendo em vista as propriedades químicas, nutritivas e funcionais do feijão-caupi, principalmente no tocante aos compostos antioxidantes, objetivou-se caracterizar quimicamente, determinar os compostos bioativos e a capacidade antioxidante de oito cultivares de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) cru, cozido e no caldo de cocção.

2 OBJETIVOS

2.1 ESPECÍFICOS

- Avaliar a qualidade físico-química de oito cultivares de feijão-caupi cru e cozido;
- Quantificar os compostos bioativos e a capacidade antioxidante em oito cultivares de feijão-caupi cru e cozido;
- Quantificar os compostos bioativos e a capacidade antioxidante do caldo de cocção das oito cultivares de feijão-caupi.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 FEIJÃO-CAUPI

O feijão-caupi, também denominado feijão verde, feijão-de-corda ou feijão macassar, é uma dicotiledônea pertencente à ordem *Rosales*, família *Leguminosae*, subfamília *Papilionoideae*, tribo *Phaseoleae*, subtribo *Phaseolinae*, gênero *Vigna*, à espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp. e subespécie *Unguiculata* (LIMA et al., 2003). É uma importante leguminosa, fonte de proteínas, calorias, fibras, minerais e vitaminas para um grande segmento da população mundial, sendo, portanto, importante para a nutrição humana (PHILLIPS et al., 2003).

É uma planta herbácea, autógama, anual, cuja região de origem mais provável situa-se na parte oeste e central da África (SINGH et al., 2002). Acredita-se que o feijão-caupi foi introduzido na América Latina por volta do século XVI, pelos colonizadores espanhóis e portugueses, primeiramente nas colônias espanholas e em seguida no Brasil, provavelmente pelo Estado da Bahia. A partir da Bahia, ele foi levado pelos colonizadores para outras áreas da região Nordeste e para outras regiões do país (FREIRE FILHO et al., 2005).

É de grande importância socioeconômica e uma das principais fontes de alimento para as populações rurais e urbanas nas regiões tropicais e subtropicais do mundo. Apresenta grande variabilidade genética que a torna versátil, sendo usada para várias finalidades e em diversos sistemas de produção. Além de uma grande plasticidade, ou seja, elevada capacidade de adaptação aos diferentes ecossistemas, apresenta ciclo curto, baixa exigência hídrica, rusticidade para se desenvolver em solos de baixa fertilidade, pois tem uma ótima capacidade de fixar nitrogênio atmosférico por meio da simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*, adaptando-se bem a diferentes condições ambientais (FREIRE FILHO et al., 2005). Apesar disso, boas produtividades quase sempre estão associadas ao correto manejo da lavoura. Baseado em Freire Filho et al., (2011), os principais países produtores de feijão-caupi são a Nigéria, com uma produção de, aproximadamente, 2,8 milhões de toneladas, Níger com pouco mais de 1 milhão de toneladas e o Brasil com cerca de 505 mil toneladas.

No Brasil, são cultivadas várias espécies de feijão; entretanto, para efeito de regulamentação técnico, somente o feijão-comum, espécie *P. vulgaris* e o feijão-caupi, espécie *V. unguiculata* são consideradas como feijão pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA (BRASIL, 2008). Essas duas espécies são as mais importantes do ponto de vista social e econômico no País. A produção de feijão-caupi concentra-se nas

regiões Nordeste e Norte e está se expandindo para a região Centro-Oeste, especialmente no Estado de Mato Grosso (FREIRE FILHO et al., 2011).

Na região Nordeste, a produção tradicionalmente concentra-se nas áreas semiáridas, onde outras culturas anuais, em razão da irregularidade das chuvas e das altas temperaturas, não se desenvolvem satisfatoriamente. A produção de feijão-caupi, nas regiões Nordeste e Norte, é feita por agricultores familiares e empresariais, mas principalmente pelos primeiros, que ainda utilizam práticas tradicionais. Já na região Centro-Oeste, onde o feijão-caupi passou a ser cultivado em larga escala a partir de 2006, a produção provém principalmente de médios e grandes empresários, que praticam uma lavoura altamente tecnificada (FREIRE FILHO et al., 2011).

O feijão-caupi é utilizado para várias finalidades e em diversos sistemas de produção. Este pode ser comercializado como grãos secos (mercado principal), grãos imaturos (feijão fresco ou feijão verde), farinha para acarajé e sementes. O mercado do feijão-caupi gira em torno, principalmente da produção de grãos secos ou imaturos. Bastante apreciado por seu sabor e cozimento mais fácil, é utilizado em vários pratos típicos da região Nordeste, sendo o baião-de-dois o mais popular, prato típico onde o feijão-caupi e o arroz são cozidos juntos (ANDRADE et al., 2010).

3.2 COMPOSIÇÃO QUÍMICA E NUTRICIONAL

A composição química do feijão, determinada pelo teor de proteínas, cinzas, umidade, carboidratos e gorduras, varia de acordo com o local e manejo de plantio, fatores ambientais, cultivar e grupo comercial, podendo também ser afetada durante o processamento (FERREIRA, 2010). A qualidade de nutrientes dos grãos de feijão-caupi é muito importante e tem impactos positivos sobre a saúde do consumidor. Nesse sentido, estudos têm sido conduzidos sobre a avaliação de genótipos quanto às características nutricionais, principalmente quanto aos teores de proteínas, carboidratos, fibras, vitaminas e minerais nos grãos secos (ANDRADE, 2010).

O feijão-caupi é uma excelente fonte de proteínas (23-25%, em média) e apresentam todos os aminoácidos essenciais, carboidratos (62%, em média) vitaminas e minerais, além de possuir grande quantidade de fibras dietéticas, baixa quantidade de gordura (2%, em média) e não contem colesterol. É rico em lisina e outros aminoácidos essenciais, porém, pobre nos aminoácidos sulfurados, metionina e cisteína (FREIRE FILHO et al., 2005; FROTA et al., 2008).

A umidade é um fator importante em relação à qualidade do feijão. Após a colheita, a respiração e outros processos metabólicos dos grãos continuam ativos, ocasionando, na maioria das vezes, perdas significativas da qualidade. Esses processos podem ser diminuídos ou retardados pela secagem dos grãos, que é a forma mais utilizada comercialmente para prolongamento do tempo de conservação (BRACKMANN et al., 2002; OZON, 2002). O conteúdo de lipídios é geralmente baixo em comparação com outros macronutrientes e o teor de cinzas pode chegar a 4,5%, sendo dependente de fatores como a variedade e condições de cultivo (KATO, 2014).

A proteína no grão de feijão situa-se principalmente nos cotilédones e no eixo embrionário das sementes, e pequenas quantidades estão também presentes no tegumento (VAN DER POEL, 1990). O teor de proteína nos grãos pode mudar de acordo com a cultivar, ambiente em que é realizado o cultivo e a interação de genótipos com o ambiente (BURATTO et al., 2009). Estudos de melhoramento das cultivares de feijão são voltados para obtenção de linhagens com proteínas de maior valor biológico (TOLEDO; CANNIATTI-BRAZACA, 2008).

Os carboidratos representam a maior fração da composição centesimal do feijão, girando em torno de 55% a 65% do grão cru (TACO, 2011; HUBER, 2012). A maceração do feijão, com posterior descarte da água, parece ser um procedimento satisfatório na redução da flatulência, pois diminui o teor de oligossacarídeos, que se perdem na água (LAJOLO; GENOVESE; MENEZES, 1996). Em relação ao amido, parte dele não é totalmente utilizável como fonte energética, e sua digestibilidade é menor quando comparada a outros alimentos como os cereais, proporcionando reduzido índice glicêmico (KATO, 2014).

Em relação às vitaminas, sabe-se que o feijão possui boa quantidade de vitaminas hidrossolúveis, como tiamina (B1), riboflavina (B2), niacina (B3) e folacina (B9), não apresentando um conteúdo significativo de vitamina A. Porém, pouco se sabe sobre a biodisponibilidade dessas vitaminas, o efeito do cozimento sobre elas e a interação com outros constituintes do feijão (LAJOLO; GENOVESE; MENEZES, 1996).

3.3 MELHORAMENTO GENÉTICO

Segundo Fang et al., (2007) várias instituições internacionais vêm desenvolvendo estudos com o feijão-caupi, como a Universidade da Califórnia, o Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA) localizado em Ibadan, Nigéria e o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (United States Department of Agriculture – USDA). Por mais de 20 anos,

alguns programas de melhoramento vem sendo conduzidos no Instituto de Pesquisa Agrícola Senegalês (ISRA) no Senegal, Instituto do Ambiente e da Investigação Agrícola (INERA) em Burkina Faso, e no Centro de Pesquisa Agrônômica para o Desenvolvimento (IRAD) no Camarões.

No Brasil, a EMBRAPA desenvolve projetos de pesquisa relacionados a essa cultura, onde mantém ativo o Programa de Melhoramento de Feijão-caupi coordenado pela Embrapa Meio-Norte (FREIRE FILHO et al., 2005). Com o intuito de conquistar novos mercados e de diversificar o seu uso, tem sido desenvolvidos também cultivares com grãos de tegumento e cotilédones verdes para o sistema de produção de grãos secos com possibilidade de alcançar a agroindústria. Muitas empresas de pesquisas privadas, públicas e universidades vêm trabalhando em sistema de parceria, objetivando melhorar a espécie e disponibilizar cultivares de feijão-caupi mais produtivas, tolerantes e estáveis, visando a sua recomendação para todas as regiões de cultivo do país (FREIRE FILHO et al., 2008).

No início, o melhoramento foi voltado, principalmente, para o aumento do rendimento de grãos, posteriormente, resistência às doenças, como viroses e, atualmente, grande ênfase está sendo dada à qualidade de grãos e à arquitetura da planta, a fim de atender às demandas do mercado consumidor, além de se obter linhagens de alto valor agrônômico (CARBONELL; CARVALHO; PEREIRA, 2003; FREIRE FILHO et al., 2005).

O aumento do valor nutritivo de culturas amplamente consumidas em todo o mundo surge como estratégia sustentável para atenuar os problemas de deficiências em micronutrientes. A introdução de produtos agrícolas biofortificados, variedades melhoradas geneticamente que apresentem maior conteúdo de minerais e vitaminas, complementa os sistemas de intervenção nutricional existentes, proporcionando maior sustentabilidade e baixo custo para produtores e consumidores (RIOS et al., 2009).

As características de cor, tamanho e o brilho do grão de feijão podem determinar o seu consumo. Alguns consumidores demonstram preferência por grãos menores e opacos, outros desejam grãos maiores que apresentem brilho. A preferência do consumidor determina a seleção e a obtenção de novas cultivares, exigindo destas não apenas boas características agrônômicas, mas também aspectos de cor que agreguem valor econômico no varejo (EMBRAPA, 2003).

Conforme Matos Filho et al., (2009), a tendência do melhoramento genético moderno, além do desenvolvimento de cultivares que associem a produtividade com parâmetros de qualidade, é o incremento do uso de alta tecnologia na cultura, como a mecanização de todas as etapas de cultivo.

A produção de novas cultivares de feijão-caupi por meio do melhoramento genético tem produzido uma ampla variação na sua composição química e propriedades nutricionais. Em função disso, para a sua efetiva utilização são necessários mais estudos sobre os aspectos bioquímicos das novas cultivares desenvolvidas, pois assim, obtém-se dados sobre o comportamento dos grãos quanto à variação do teor protéico, fração lipídica, digestibilidade e outros parâmetros bioquímicos (CASTÉLLON et al., 2003; GIAMI, 2005).

3.4 PROCESSAMENTO DO FEIJÃO-CAUPI

Segundo Xu e Chang (2009) e Sreerama et al., (2012) o uso do feijão-caupi na alimentação ou de sua farinha na composição de alimentos funcionais é limitado devido à presença de certos fitoquímicos com efeitos antinutricionais que limitam o valor nutritivo desta leguminosa. Assim, diversos métodos de processamento têm sido propostos para melhorar o sabor e palatabilidade dos vegetais e também para eliminar e/ou diminuir estes componentes indesejáveis e aumentar a sua qualidade nutricional.

Dentre os métodos mais comumente utilizados para o processamento dos feijões destacam-se o descascamento, maceração, cozimento, germinação e fermentação (RAMÍREZ-CÁRDENAS; LEONEL; COSTA, 2008). Antes do consumo, os vegetais são submetidos a processos de cozimento que utilizam a fervura com ou sem pressão ou o cozimento a vapor (XU; CHANG, 2011). A qualidade tecnológica de grãos de feijão é definida basicamente pelo seu comportamento frente à cocção, etapa comum tanto aos processos de industrialização quanto ao consumo doméstico (PERINA, 2008).

O tempo de cocção de grãos de feijão está entre os principais parâmetros de qualidade tecnológica e apresenta variações de acordo com o cultivar, o ambiente (temperatura e umidade relativas do ar), assim como as práticas de produção associadas às condições, tempo de armazenamento e às características genéticas (CARBONELL; CARVALHO; PEREIRA, 2003; TOLEDO et al., 2009; ZAMINDAR et al., 2011). É um fator fundamental para a aceitação de uma cultivar pelos consumidores, pois a disponibilidade de tempo para o preparo das refeições e, muitas vezes, restrita (COSTA et al., 2001). Cultivares que apresentam grãos com cozimento rápido proporciona economia de tempo e energia (YOKOYAMA; STONE, 2000). Além disso, períodos prolongados de cozimento causam mudanças estruturais em nível celular, provocando perda de nutrientes (WASSIMI et al., 1988).

Durante o processo de cocção, os grãos de feijão absorvem água tornando-se macios, com o sabor acentuado e melhor digestibilidade. No feijão recém-colhido, o tegumento

contribui com cerca de 55% do tempo de cocção do grão. Entretanto, para o produto armazenado ele contribui com mais de 75% desse tempo, sendo o tegumento a primeira barreira do processo de cocção e o fator responsável pela dureza do grão e pelo aumento no tempo de preparo (BASSINELLO, 2008).

A identificação de linhagens com menor tempo de cocção, rápida capacidade de hidratação, tegumentos que não se partam durante a cocção e que apresentem elevada expansão volumétrica após o seu preparo é fundamental para a obtenção de grãos com qualidade tecnológica (CARBONELL; CARVALHO; PEREIRA, 2003).

A variabilidade genética e a sua relação com o tempo de cocção contribuem para apontar linhagens e cultivares adaptados às necessidades de consumo. A avaliação do tempo de cocção é condição estabelecida pela legislação nacional para a inscrição de novos cultivares de feijão junto ao Serviço de Agricultura e Produção Agropecuária (BRASIL, 2009). O método oficial requerido para a avaliação do tempo de cocção foi proposto primeiramente por Mattson (1946), alterado por Burr, Kon e Morris (1968) e recomendado por Proctor e Watts (1987), com a utilização do equipamento denominado cozedor de Mattson.

A utilização de baixas temperaturas no armazenamento de grãos de feijão para o consumo pode ser recomendada, pois tem demonstrado contribuir com a preservação da qualidade desses grãos. Ao avaliarem grãos de feijão comum do cultivar vermelhinho, Rigueira et al., (2009) observaram que o armazenamento refrigerado é um método eficaz na manutenção da qualidade físico-química desses grãos, por um período de até 120 dias.

A temperatura é um dos fatores mais significativos na conservação de grãos armazenados. Tendo-se em vista que as reações químicas são aceleradas, devido à sua elevação, a utilização do resfriamento no período de armazenagem é uma técnica eficaz e econômica na manutenção da qualidade, pois diminui a atividade da água, reduz a taxa respiratória dos grãos, retarda o desenvolvimento de insetos e da microflora presente, independente das condições climáticas da região (RIGUEIRA et al., 2009). As safras anualmente sofrem perdas significativas quando os feijões são submetidos à estocagem em condições ambientais de altas temperaturas, alta umidade relativa do meio e tempo de armazenamento prolongado, tornando-os susceptíveis aos fenômenos de endurecimento, infestação de insetos, mudanças de textura, cor e sabor, degradação de fitatos e metionina, contribuindo para o aumento do tempo de cocção (ARMELIN et al., 2007).

As condições locais de armazenamento estão entre os fatores de maior influência na qualidade de grãos de feijão, pois pode influenciar sobremaneira na segurança do produto, nas

características sensoriais, especialmente a textura. O endurecimento do grão de feijão está entre os principais problemas tecnológicos, pois tem como característica o aumento do tempo de cocção e, por consequência, a rejeição do consumidor, reduzindo desta forma o seu consumo. Identificar genótipos com menor tempo de cocção, adequada capacidade de hidratação, com tegumentos íntegros, baixo índice de condutividade elétrica e que apresentem elevada taxa de absorção de água anterior ao processo de cocção, associados a uma textura adequada é essencial para a obtenção de grãos de qualidade e com significativa aceitação pelo mercado consumidor.

Estudos mostram que os métodos de processamento de feijões, tais como a maceração e cozimento afetam de forma significativa o conteúdo de compostos fenólicos e a atividade antioxidante (XU; CHANG, 2011). Para Melo et al., (2009), a ação antioxidante de um alimento é fortemente influenciada pela cocção, e fortes evidências indicam que o processo de cocção pode não alterar, aumentar ou reduzir a ação antioxidante do mesmo. A redução observada nestes parâmetros bioquímicos deve-se a destruição de compostos bioativos ou conversão destes em substâncias com atividade pró oxidante, após o cozimento.

Em um estudo realizado por Bennink e Barret (2004) visando quantificar o teor de fenólicos na água de cozimento e no feijão comum após o cozimento observou-se que no feijão comum existe uma grande quantidade de compostos fenólicos, no entanto, mais de 50% desses compostos são eliminados para a água de cozimento.

Desta forma, devido à preocupação crescente dos consumidores com a saúde e qualidade de vida, os benefícios comprovados do feijão para o organismo por causa da presença de compostos com atividade antioxidante, a escassez de dados referentes aos teores desses compostos no feijão-caupi cultivado no Brasil, assim como o efeito do cozimento nas novas cultivares, é importante a análise do conteúdo de nutrientes, dos compostos bioativos e da atividade antioxidante, antes e após o cozimento, para demonstrar o referido efeito no valor nutritivo e funcional desta leguminosa.

3.5 COMPOSTOS BIOATIVOS

O feijão contém uma grande diversidade de compostos bioativos como os flavonoides, antocianinas, proantocianidinas e isoflavonas, bem como alguns ácidos fenólicos (CHOUNG et al., 2003). Embora os mecanismos de ação de cada um dos componentes do feijão não estejam completamente elucidados, é provável que as ações sinérgicas dos seus compostos

bioativos fazem do feijão um alimento com propriedades funcionais (RAMÍREZ-CÁRDENAS; ROSA; COSTA, 2008).

3.5.1 compostos fenólicos

Os compostos fenólicos são um grupo muito diversificado de fitoquímicos derivados de fenilalanina e tirosina, originados do metabolismo secundário das plantas, sendo essenciais para o seu crescimento e reprodução. Em alimentos, são responsáveis pela cor, adstringência, aroma e estabilidade oxidativa (ANGELO; JORGE, 2007; NACZK; SHAHID, 2004).

Os fenólicos englobam desde moléculas simples até moléculas com alto grau de polimerização. Estão presentes nos vegetais na forma livre ou ligados a açúcares e proteínas (SOARES, 2002). Com relação à estrutura química, os fenólicos são definidos como substâncias que possuem anel aromático com um ou mais substituintes hidroxílicos, incluindo seus grupos funcionais. A diversidade estrutural destes compostos deve-se à grande variedade de combinações que acontece na natureza. Existem cerca de cinco mil fenóis, dentre eles, destacam-se os flavonoides, ácidos fenólicos, fenólicos simples, cumarinas, taninos condensados, ligninas e tocoferóis (ANGELO; JORGE, 2007).

Em feijões, os compostos fenólicos estão presentes predominantemente no tegumento dos grãos, apresentando atividade antimutagênica e antioxidante, com redução dos agentes pró-oxidantes, quelação de íons metálicos e diminuição da ação dos radicais livres, como o oxigênio singlete, e assim, prevenindo os danos oxidativos às biomoléculas, como o DNA, lipídeos e proteínas (BOATENG et al., 2008; MARATHE et al., 2011).

Conforme Rios et al. (2003), para algumas cultivares, o teor de fenólicos aumenta durante o período de armazenamento, tanto na colheita realizada antecipada como normal. Contudo, nas amostras colhidas antecipadamente, esse aumento é maior que na colheita normal. A cor mais escura do tegumento, após o armazenamento, pode ser consequência do aumento da atividade da enzima polifenoloxidase associada à atividade da enzima peroxidase e aumento do conteúdo de compostos fenólicos.

Alguns fatores ambientais, como o local de crescimento, e fatores genéticos (cultivares) influenciam no nível de compostos bioativos nas leguminosas (ROCHA-GUZMÁN et al., 2007). As diferenças observadas nos conteúdos de compostos fenólicos entre espécies de feijões se devem a vários fatores entre eles, o genótipo (variedade ou cultivar) da planta, práticas agrônômicas, maturidade na colheita, pós-colheita, armazenamento e às condições climáticas, de cultivo e de armazenamento (LUTHRIA;

PASTOR-CORRALES, 2005). Outros fatores secundários podem interferir no poder de extração destes compostos da matriz alimentar, como o tipo de solvente utilizado, grau de polimerização, tempo e temperatura de extração além da interação destes com outros constituintes do alimento (GOBBO-NETO; LOPES, 2007; MARATHE et al., 2011).

3.5.2 Flavonoides

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 flavonoides (STRINGHETA, 1991). Os flavonoides compõem uma ampla classe de substâncias de origem natural, cuja síntese não ocorre na espécie humana. Entretanto, tais compostos possuem uma série de propriedades farmacológicas que os faz atuarem sobre sistemas biológicos. Conseqüentemente, muitas dessas propriedades atuam de forma benéfica para a saúde humana (PETERSON; DWYER, 1998).

Os flavonoides são estruturas polifenólicas de baixo peso molecular encontradas naturalmente nos vegetais (DREOSTI, 2000). Segundo Beecher et al. (2003) já foram identificados mais de 8000 componentes da família dos flavonoides. Esse grande número de compostos surge da ampla variação de combinações de grupos metil e hidroxil como substituintes em sua estrutura química básica.

Apesar de o termo flavonoide derivar do latim *flavus*, que significa amarelo, observa-se que os grupos flavonóis e flavonas são incolores e que a classe das antocianinas possuem substâncias que variam no seu espectro de coloração do verde ao azul (LOPES et al., 2000). Os flavonoides podem ser divididos em classes baseado na sua estrutura molecular (compostos fenólicos) (MARTÍNEZ-FLÓREZ et al., 2002). Sua estrutura básica consiste de 15 carbonos distribuídos em dois anéis aromáticos, interligados via carbono heterocíclico do pirano. Conforme o estado de oxidação da cadeia heterocíclica do pirano, têm-se diferentes classes de flavonóides: antocianinas, flavonóis, flavonas, isoflavonas e flavononas (CHEYNIER, 2005).

Consumidos em grandes proporções dentro de uma dieta humana regular, os flavonoides são encontrados em vegetais, legumes, frutas, chás de ervas, mel, entre outros produtos de consumo cotidiano (LOPES et al., 2000).

Em seres humanos e animais, os flavonoides apresentam efeitos potenciais como antioxidante, anti-inflamatório, antimicrobiano, protetor cardíaco, analgésico, antialérgico, anticâncer, antidiabético, antiúlcera. Acredita-se que os flavonoides, quando ingeridos de forma regular através da alimentação diária, podem auxiliar na prevenção de doenças do sistema cardiovascular (SIMÕES et al., 2003).

O perfil de ingestão dos flavonoides provenientes de alimentos vegetais variam entre as populações, por causa dos hábitos alimentares, além das diferenças existentes entre as espécies vegetais em função de fatores intrínsecos, como um sistema de enzimas controladas geneticamente que regulam a síntese e distribuição nas plantas, e fatores extrínsecos como estação do ano, incidência de radiação ultravioleta, clima, composição do solo, preparo e processamento do alimento (HUBER; RODRIGUEZ-AMAYA, 2008; YANG; LIN; KUO, 2008).

3.5.3 Antocianinas

As antocianinas são pigmentos naturais amplamente distribuídos em vegetais consumidos na dieta humana, tais como feijões, frutas e verduras (DEGÁSPARI; WASZCZYNSKYJ, 2004). Além de contribuir para a cor de flores e frutas, as antocianinas atuam como filtro das radiações ultravioletas nas folhas. Em certas espécies de plantas estão associadas com a resistência a patógenos e atuam melhorando e regulando a fotossíntese (MAZZA; MINIATI, 1993).

As funções desempenhadas pelas antocianinas nas plantas são variadas: antioxidantes, proteção à ação da luz, mecanismo de defesa e função biológica. As cores vivas e intensas que elas produzem têm um papel importante em vários mecanismos reprodutores das plantas, tais como a polinização e a dispersão de sementes (LOPES et al, 2007).

De acordo com Francis (1989) e Wrolstad; Durst; Lee (2005), a estabilidade das antocianinas é afetada pela sua estrutura química e concentração, luz, enzimas endógenas ou adicionadas, temperatura, pH, copigmentos e relação molar destes com as antocianinas, oxigênio, ácido ascórbico, íons metálicos, açúcares e seus produtos de degradação, proteínas e dióxido de enxofre.

Os estudos mais recentes apontam para a identificação de possíveis interações que seriam responsáveis pela estabilidade das antocianinas (PACHECO-PALENCIA; HAWKEN; TALCOTT, 2007) e, por consequência, favoreceriam o poder antioxidante responsável pela grande maioria das atividades biológicas desta classe de compostos (GALVANO et al., 2004).

O poder antioxidante das antocianinas se deve à deficiência de elétrons do núcleo flavílio e à presença de hidroxilas livres assim como de outras estruturas químicas na molécula, podendo ocorrer variações quanto à intensidade da atividade antioxidante em função da antocianina, acilações e copigmentações (SOOBRAATTE et al., 2005; WADA et al., 2007).

Em diversos estudos têm-se procurado isolar e caracterizar pigmentos e avaliar sua contribuição para a cor do tegumento do feijão (HEIMLER et al., 2005). Em estudo de Ha; Noh; 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; 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.

3.5.4 Ácido Ascórbico

O Ácido Ascórbico (A.A.), conhecido genericamente como vitamina C, é um composto redutor relativamente forte, com forma de cristal branco, inodoro e termolábil (SMIRNOFF, 2000; AZULAY, et al, 2003), solúvel em água e pouco solúvel em solventes orgânicos, encontra-se largamente distribuído nos reinos animal e vegetal, sendo utilizado na hidroxilação de diversas reações químicas celulares que apresentam caráter ácido e ação redutora, características que são atribuídas à presença do grupo enodiol $-\text{COH}=\text{COH}-$ (ANDRADE, 2002).

A vitamina C é um inibidor da formação de compostos *N*-nitrosos no estômago. Em plantas, também desempenha um papel protetor contra espécies reativas de oxigênio que são formadas a partir da fase fotossintética e processos respiratórios. O ácido ascórbico está ligado ao crescimento celular, estando envolvido no ciclo celular e outros mecanismos de crescimento da célula vegetal e divisão, bem como atuando como cofator para muitas enzimas. Talvez, a vitamina C seja o mais abundante antioxidante solúvel em água no corpo (BYERS; PERRY, 1992; SILVA; NAVES, 2001; BARATA-SOARES et al., 2004).

É geralmente consumida em grande quantidade na dieta humana, sendo adicionada a muitos produtos alimentícios para inibir a formação de metabólitos carcinogênicos. Ela é capaz de sequestrar os radicais livres com grande eficiência protegendo o organismo contra diversas infecções e contra os danos causados pela exposição às radiações e medicamentos

(BIANCHI; ANTUNES, 1999). Participa ainda da formação do tecido conjuntivo, produção de hormônios e anticorpos e da biossíntese de aminoácidos. É considerado um antioxidante fisiológico versátil, uma vez que exerce ação nos compartimentos extra e intracelulares (BENDICH; LANGSETH, 1995).

3.6 CAPACIDADE ANTIOXIDANTE

Os antioxidantes são compostos que atuam inibindo e/ou diminuindo os efeitos desencadeados pelos radicais livres e compostos oxidantes. São importantes no combate aos processos oxidativos, como menores danos ao DNA e às macromoléculas, amenizando assim os danos cumulativos que podem desencadear doenças como o câncer, cardiopatias e cataratas (SANTOS et al., 2008).

Os radicais livres são produzidos em células normais e patológicas no metabolismo, considerando que a oxidação é indispensável para o organismo na produção de energia para alimentar os processos biológicos. As moléculas orgânicas e inorgânicas e os átomos que contêm um ou mais elétrons não pareados, com existência independente, podem ser classificados como radicais livres (BIANCHI; ANTUNES, 1999; OKTAVA; GULCINI; KUFREVIOGLU, 2003; CERQUEIRA; MEDEIROS; AUGUSTO, 2007; SOARES et al., 2009).

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 entre outras) ou serem provenientes da dieta alimentar, entre outras fontes. São exemplos os tocoferóis, ácido ascórbico, polifenóis, selênio e os carotenóides (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).

Os antioxidantes podem ser divididos em duas classes: a dos com atividade enzimática e a dos sem essa atividade. Na primeira, estão os compostos capazes de bloquear o início da oxidação, ou seja, as enzimas que removem as espécies reativas ao oxigênio. Na segunda classe, estão moléculas que interagem com as espécies radicalares e são consumidas durante a reação. Nesta classificação, incluem-se os antioxidantes naturais, como os compostos fenólicos e sintéticos (ANGELO; JORGE, 2007).

Diversos estudos têm demonstrado que o consumo de substâncias antioxidantes na dieta diária pode produzir uma ação protetora efetiva contra os processos oxidativos que

naturalmente ocorrem no organismo. Foi descoberto que uma série de doenças entre as quais câncer, aterosclerose, diabetes, artrite, malária, síndrome da imunodeficiência adquirida (AIDS), doenças do coração, podem estar ligadas aos danos causados por ERO'S (Espécies Reativas de Oxigênio). Estas substâncias também estão ligadas com processos responsáveis pelo envelhecimento do corpo (BRENNA; PAGLIARINI, 2001; YILDRIM; MAVI; KARA, 2001).

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).

Para avaliar o potencial e a efetividade da capacidade antioxidante dos alimentos, na literatura científica tem sido descrito diferentes métodos para a mensuração da capacidade antioxidante (PÉREZ-JIMÉNEZ; SAURA-CALIXTO, 2006). Um dos ensaios mais utilizados atualmente para avaliar a capacidade antioxidante utiliza o radical DPPH• (1,1-difenil-2-picrilidrazil) e consiste na redução deste radical estável pela ação dos antioxidantes presentes na amostra. O DPPH é um radical livre estável, na presença de um antioxidante doador de hidrogênio pode ser reduzido em meio alcoólico, dando origem a picrilhidrazina. Esta alteração pode ser observada por meio de espectrofotometria, havendo uma diminuição da absorbância a 515 nm e alteração da coloração original, violeta escura, para a cor amarela clara. Quanto maior for esta alteração da coloração mais DPPH reduzido e, portanto, maior atividade antioxidante da substância testada (DUDONNÉ et al., 2009; KOLEVA et al., 2002).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 PROTOCOLO EXPERIMENTAL

As amostras foram fornecidas pelo Setor de Agricultura da Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (UAGRA/CCTA/UFCG). Após a obtenção dos grãos (colheita e secagem natural), estes foram levados ao Laboratório de Tecnologia de Produtos de Origem Vegetal (LTPOV) UATA/CCTA/UFCG e acondicionados em garrafas PET (politereftalato de etileno), recipiente plástico transparente com capacidade de 2L, até o momento das avaliações.

As amostras de feijão-caupi secas foram analisadas com um intervalo de uma semana após o recebimento das mesmas e a etapa de cozimento foi realizada após o término das análises do feijão cru. As análises foram realizadas no período de dezembro de 2013 a outubro de 2014. Foram analisadas oito cultivares, Costela de Vaca (Figura 1), BRS Marataoã (Figura 2), BRS Itaim (Figura 3), BR 17-Gurguéia (Figura 4), BRS Novaera (Figura 5), Paulistinha (Figura 6), Setentão (Figura 7) e Patativa (Figura 8), cruas, cozidas e seus caldos de cocção apenas para as análises de compostos bioativos e capacidade antioxidante.

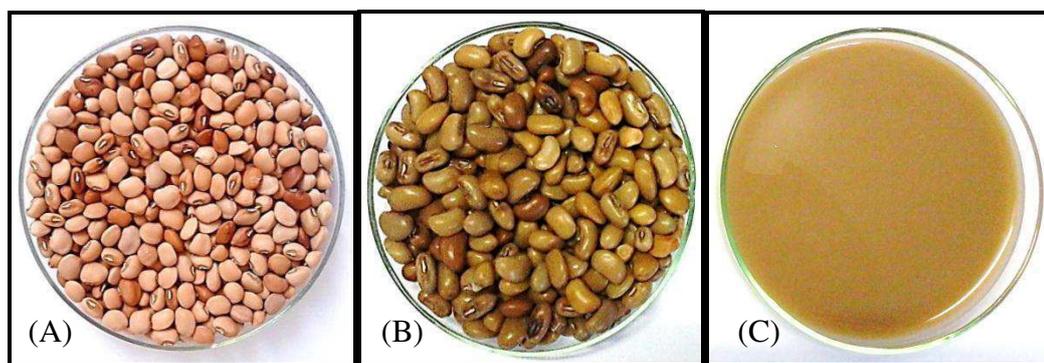


Figura 1 – Cultivar de feijão-caupi Costela de Vaca.

Legenda: (A): Cultivar crua; (B): Cultivar cozida a vapor em panela de pressão; (C): Caldo de cocção.

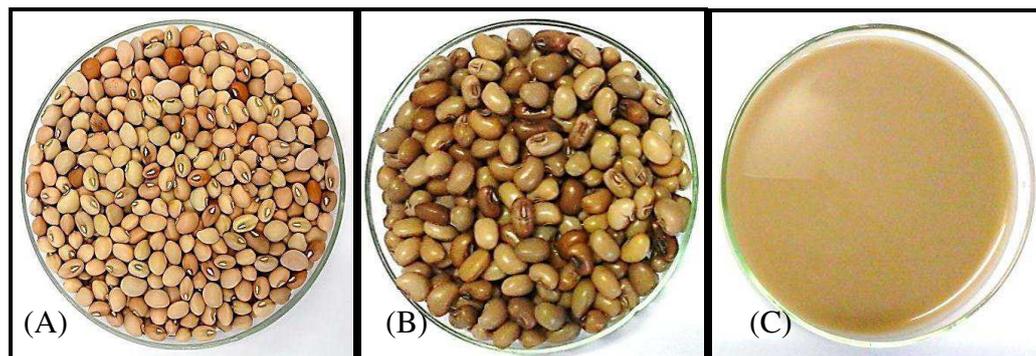


Figura 2 – Cultivar de feijão-caupi BRS Marataoã.

Legenda: (A): Cultivar crua; (B): Cultivar cozida a vapor em panela de pressão; (C): Caldo de cocção.

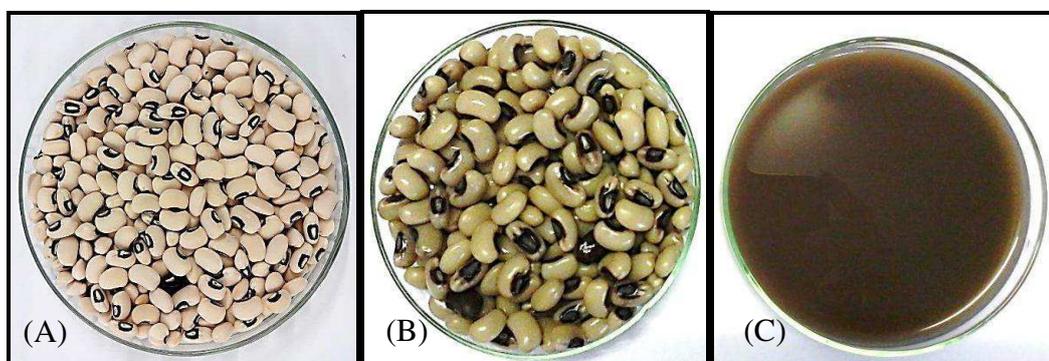


Figura 3 – Cultivar de feijão-caupi BRS Itaim.

Legenda: (A): Cultivar crua; (B): Cultivar cozida a vapor em panela de pressão; (C): Caldo de cocção.

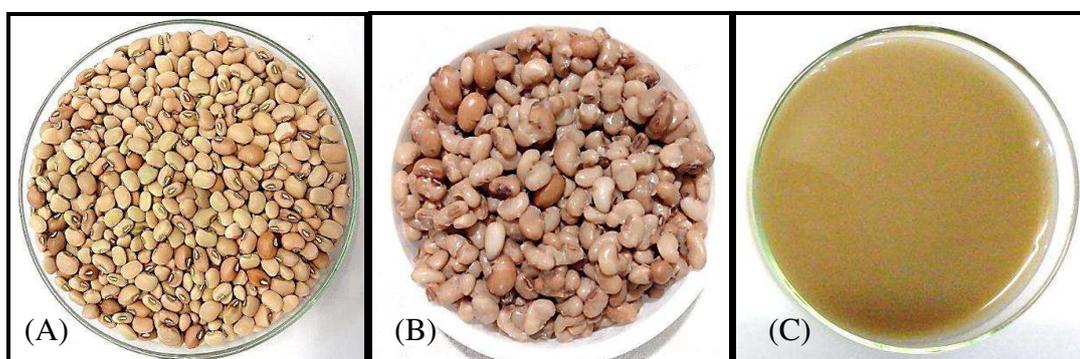


Figura 4 – Cultivar de feijão-caupi BR 17-Gurguéia.

Legenda: (A): Cultivar crua; (B): Cultivar cozida a vapor em panela de pressão; (C): Caldo de cocção.

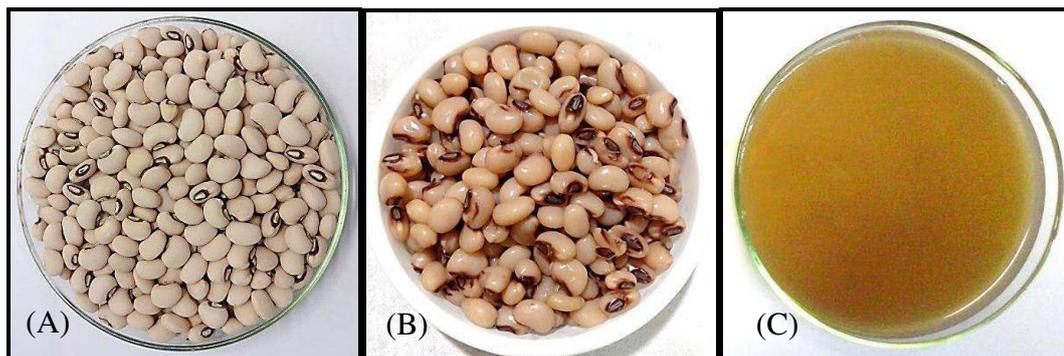


Figura 5 – Cultivar de feijão-caupi BR 17-Novaera
Legenda: (A): Cultivar crua; (B): Cultivar cozida a vapor em panela de pressão; (C): Caldo de cocção.

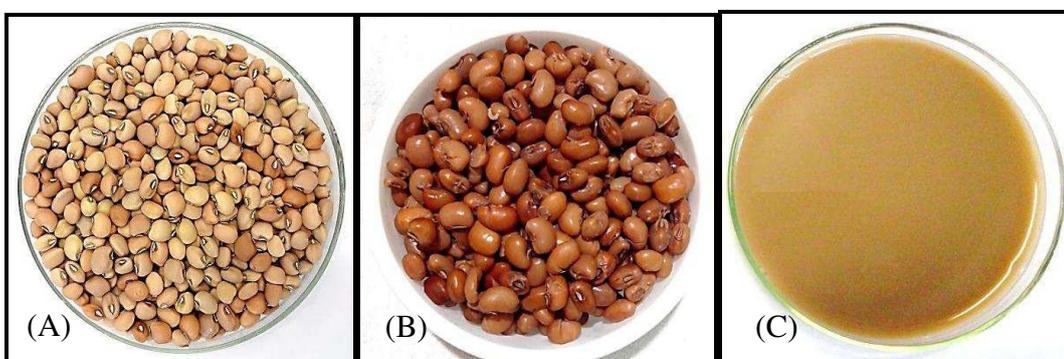


Figura 6 – Cultivar de feijão-caupi Paulistinha.
Legenda: (A): Cultivar crua; (B): Cultivar cozida a vapor em panela de pressão; (C): Caldo de cocção

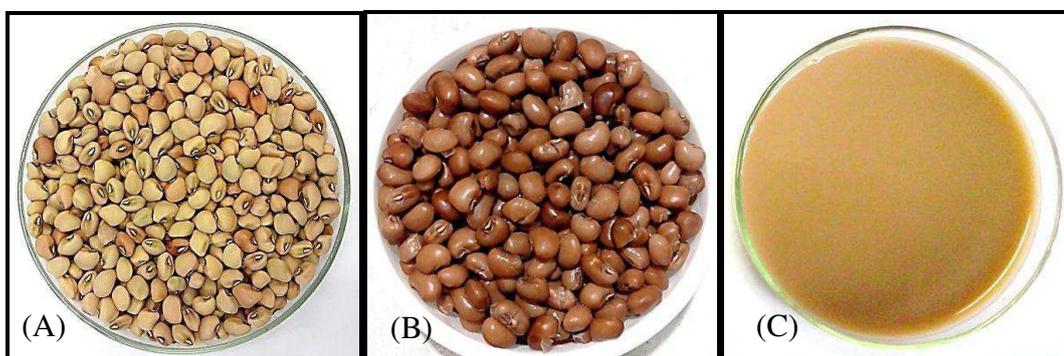


Figura 7 – Cultivar de feijão-caupi Setentão.
Legenda: (A): Cultivar crua; (B): Cultivar cozida a vapor em panela de pressão; (C): Caldo de cocção.

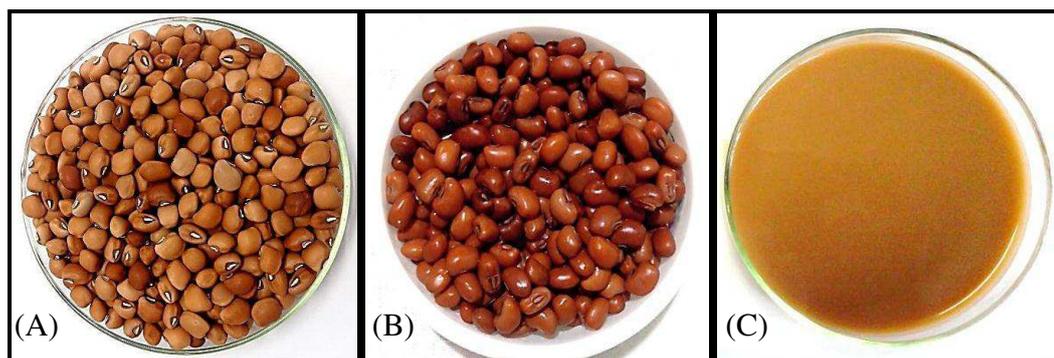


Figura 8 – Cultivar de feijão-caupi Patativa.

Legenda: (A): Cultivar crua; (B): Cultivar cozida a vapor em panela de pressão; (C): Caldo de cocção.

4.2 ANÁLISE DAS AMOSTRAS

4.2.1 Preparo das amostras

Os grãos foram selecionados manualmente para remoção de sujidades e de grãos fora do padrão de qualidade. Os grãos de cada cultivar foram submetidos a dois procedimentos diferentes para realização das análises:

- Cru – os grãos secos foram moídos em moinho de facas (tipo SL 30-SOLAB) até a obtenção de um pó homogêneo (*60 mesh*), sendo acondicionado em embalagens plásticas estéreis, vedada e armazenada no escuro até a realização das análises.
- Cozido – os grãos foram cozidos com maceração (12h antes da cocção) em uma proporção feijão: água de 1:3 (600g: 1800 ml) em panela de pressão doméstica, durante 15 minutos após a saída constante de vapor pela válvula de pressão. Posteriormente, os feijões cozidos foram separados do caldo de cocção com o auxílio de peneiras plásticas e homogeneizados para análises posteriores.
- Os caldos de cocção obtidos do cozimento das oito cultivares foram armazenados em potes plásticos (50 mL) para análises subsequentes.

4.2.2 Avaliações

Foram realizadas avaliações químicas, compostos bioativos e avaliação da capacidade antioxidante para as oito cultivares de feijão-caupi. Os caldos do cozimento das oito cultivares foram avaliados apenas quanto aos compostos bioativos e capacidade antioxidante.

- a) **Umidade (%)**: determinada por meio de secagem em estufa a 105°C até peso constante de acordo com os métodos analíticos do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). Foram pesados 5-10 g da amostra triturada e homogeneizada, em quadruplicata, em cápsula de porcelana previamente tarada. Colocou-se a cápsula com a amostra em estufa a 105°C por 24 horas, em seguida colocou-se em dessecador por 30 minutos e pesou-se. O teor de umidade foi obtido pela fórmula:

Teor de umidade = $100 \times N/P$, na qual:

N = n° de gramas de umidade

P = n° de gramas de amostra.

- b) **Cinzas (%)**: determinada pela incineração da amostra em mufla a 550°C até que as cinzas ficassem brancas ou ligeiramente acinzentadas (IAL, 2008). Amostras de 5g foram pesadas, em triplicata, em cadinho previamente tarado. As amostras foram carbonizadas em forno mufla a 250°C por 4 horas, posteriormente incineradas por 12 horas a 550°C. Ao final, os cadinhos com amostra incinerada foram colocados em dessecador, para esfriar, por 40 minutos e em seguida pesados. O teor de cinzas foi obtido pela fórmula:

Teor de cinzas = $100 \times N/P$, em que:

N = n° de gramas de cinzas.

P = n° de gramas de amostra.

- c) **Lipídios (%)**: foram determinados como extrato etéreo através da extração contínua pelo método de Soxhlet, utilizando hexano como solvente conforme as normas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). Para extração, 5g das amostras secas trituradas, em quadruplicata, foram colocados em cartuchos e estes adicionados a 200 mL de hexano e mantidos em extração contínua por seis horas a 60°C. Após o término da extração, os *reboilers* com o resíduo foram transferidos para a estufa a 105°C, durante uma hora. Ao final, este foi resfriado em dessecador, pesado e o peso do resíduo foi utilizado para determinar o teor de lipídios pela fórmula:

Teor de lipídios = $100 \times N/P$, na qual:

N = n° de gramas de lipídios.

P = n° de gramas de amostra.

- d) **Proteínas (%):** foi determinada pelo Método de Kjeldahl, o qual se baseia na destruição da matéria orgânica seguida de destilação, sendo o nitrogênio dosado por titulação, utilizando-se o fator de conversão genérico 6,25 para transformação do teor quantificado em proteína segundo o método descrito pelo IAL (2008). Para a etapa da digestão, procedeu-se a pesagem de 0,2g de amostra em papel manteiga, sendo este conjunto colocado em tubo digestor juntamente com 3mL de ácido sulfúrico concentrado e mistura catalítica. A digestão foi realizada a 400°C durante, em média, 4 horas. Em seguida, as amostras foram destiladas e tituladas para determinação do nitrogênio e posterior cálculo do conteúdo de proteínas, utilizando a fórmula a seguir:

Teor de proteína = $V \times 0,14 \times F/P$, na qual:

V = volume de ácido sulfúrico utilizado, menos volume de hidróxido de sódio utilizada na titulação.

F = fator de conversão = 6,25.

P = peso da amostra.

- e) **Carboidratos (%):** o teor de carboidratos foi calculado pela diferença entre 100 e a soma das percentagens de umidade, proteína, lipídios e cinzas (BRASIL, 2011).
- f) **Valor energético (Kcal/100 g):** calculado por meio da Equação abaixo, multiplicando-se os valores obtidos pelos fatores de conversão adequados: proteínas e carboidratos por 4 Kcal.g⁻¹, e lipídios por 9 Kcal.g⁻¹ (BRASIL, 2011).
 $Valor\ energético = [(P\ (\%) \times 4\ kcal/g) + (C\ (\%) \times 4\ kcal/g) + (L\ (\%) \times 9\ kcal/g)]$
 Onde: P (%) = percentual de proteínas; C (%) = percentual de carboidratos; L (%) = percentual de lipídios.
- g) **Acidez Titulável – AT (% de ácido cítrico):** por titulometria com NaOH 0,1 M, segundo Instituto Adolfo Lutz - IAL (2008).
- h) **Potencial Hidrogeniônico - pH:** determinado em pHmetro, com inserção direta do eletrodo, de acordo com IAL (2008).
- i) **Açúcares redutores (g/100g):** determinados conforme método do ácidodinitrosalicílico (DNS), descrito por Miller (1959). Os extratos foram

preparados utilizando-se 1 g de feijão (cru) diluído em 25 mL de água destilada e de 2 g de feijão (cozido) diluído em 25 mL de água destilada. Uma alíquota de 0,4 mL do extrato (feijão cru) e de 1,2 mL (feijão cozido) foi misturada a 1,1 mL e 0,3 mL de água destilada respectivamente e a 1,0 mL da solução de ácido dinitrosalicílico para obtenção das amostras, seguida de agitação e repouso em banho-maria a 100 °C por 5 minutos. A curva padrão foi preparada com glicose e as leituras das amostras foram feitas em espectrofotômetro a 540 nm.

- j) **Açúcares solúveis totais (g/100g):** foram determinados pelo método da Antrona, segundo metodologia descrita por Yemn e Willis (1954). Os extratos foram obtidos através da diluição de 1g de feijão (cru e cozido) em 200 mL de água destilada. As amostras foram preparadas em banho de gelo, adicionando-se em um tubo 50 µL do extrato, 950 µL de água destilada e 2,0 mL da solução de Antrona 0,2%, seguida de agitação e repouso em banho-maria a 100 °C por 3 minutos. A leitura das amostras foi realizada em espectrofotômetro a 620 nm, utilizando-se como referência a glicose para obtenção da curva padrão.
- k) **Ácido ascórbico (mg/100g):** o conteúdo de ácido ascórbico foi determinado pelo método de Tillmans, segundo Carvalho et al. (1990). Cerca de 1g da amostra foi diluída em 50 mL de ácido oxálico 0,5%, homogeneizada por 1 minuto e em seguida titulada com solução de 2,6 diclorofenolindofenol (DFI) 0,2% até mudança de coloração.
- l) **Flavonoides e Antocianinas (mg/100g):** determinados de acordo com a metodologia de Francis (1982) e calculados pelas Equações abaixo. Cerca de 1g de amostra foi macerada em almofariz com 10 mL de etanol - HCl (1,5 N) na proporção 85:15 (v/v) em ambiente escuro e deixados em repouso por 24 horas na geladeira. As amostras foram filtradas e as leituras realizadas em espectrofotômetro a 374 e 535nm para a determinação de flavonoides e antocianinas respectivamente.

$$\text{Flavonoides (mg/100 g)} = Fd \times Abs/76,6$$

$$\text{Antocianinas (mg/100 g)} = Fd \times Abs/98,2$$

Onde: Fd = fator de diluição; Abs. = absorvância a 374 e 535nm.

- m) **Compostos fenólicos (mg/100g de ácido gálico):** foram estimados a partir do método de Folin & Ciocalteu descrito por Waterhouse (2006). Os extratos foram preparados a partir da diluição de 0,5 g (feijão cru) e de 1,0 g (feijão cozido e caldo de cocção) em 10 mL de água destilada e deixados em repouso por 1h. Alíquotas de 300 µL (feijão cru), 250 µL (feijão cozido) e 100 µL (caldo de cocção) dos extratos foram transferidas para tubos, onde foram adicionados 1.825 µL, 1.875 µL e 2.025 µL de água nos extratos dos feijões cru, cozido e caldo de cocção respectivamente, juntamente com 125 µL do reagente folin ciocalteu. A mistura permaneceu em repouso por 5 minutos e logo após, foi adicionado 250 µL de carbonato de sódio a 20%, seguida de agitação e repouso em banho-maria a 40°C, por 30 minutos. A curva padrão foi preparada com ácido gálico, e as leituras foram medidas em espectrofotômetro a 765 nm.
- n) **Determinação da capacidade antioxidante sequestrante do radical livre DPPH (1,1- difenil-2-picrilidrazil):** para determinação nos feijões (cru e cozido) tomou-se em um Becker 1g de feijão adicionando 4 mL de metanol 50% e deixou-se extraindo por 1h. Em seguida, foi centrifugado a 3.000 rpm durante 15 minutos. O sobrenadante foi filtrado e transferido para um balão volumétrico de 10 mL, o resíduo foi transferido para um Becker adicionando 4 mL de acetona 70%, deixando-se extrair por 1 h. Em seguida, foi repetida a centrifugação e o sobrenadante foi filtrado e adicionado, juntamente, ao balão volumétrico que já continha o sobrenadante da primeira extração, completando o volume com água destilada. Para o caldo, os extratos foram preparados a partir da diluição de 1g em 10 mL de água destilada e deixados em repouso por 1 h. Em tubos de ensaio foram preparadas três concentrações diferentes (10, 30 e 50µL) e em triplicata, a partir do extrato obtido. Foram utilizados 0,1 mL de cada concentração da amostra com 3,9 mL da solução de DPPH. As leituras foram realizadas em comprimento de onda a 515 nm, no qual, foi observada a redução da absorvância até sua estabilização. O resultado é expresso na forma de EC50, que corresponde à concentração da amostra necessária para reduzir em 50% a concentração inicial do radical DPPH (RUFINO et al., 2007).

4.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA

O experimento foi instalado segundo um delineamento inteiramente casualizado com 8 tratamentos (cultivares), com 4 repetições de 150g de feijão/parcela, para os feijões submetidos aos dois procedimentos: cru e cozido, os quais foram avaliados independentemente. Os caldos da cocção também foram submetidos ao delineamento inteiramente casualizado com 8 tratamentos (cultivares), com 4 repetições de 50mL de caldo/parcela. Os resultados foram apresentados em tabelas com as respectivas médias e desvios-padrão (DP) de cada variável estudada. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade, de acordo com Gomes (1987), utilizando o programa computacional ASSISTAT versão 7.7 beta (SILVA, 2013).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL

A composição centesimal das cultivares de feijão-caupi cruas e submetidas ao cozimento esta demonstradas nas Tabelas 1 e 2.

O conteúdo de umidade dos feijões crus variou de 7,12% (BR 17-Gurguéia) a 11,32% (Paulistinha), com diferença significativa ($p < 0,05$) entre as cultivares. Barros (2014) ao avaliar quatro cultivares de feijão-caupi cru (BRS Milênio, BRS Aracê, BRS Tumucumaque e BRS Xique xique) obteve valores próximos, variando de 9,70% a 10,58%. Resultados superiores aos do presente estudo foram obtidos por Castellón et al., (2003), com os teores de umidade de seis diferentes cultivares de feijão-caupi variando de 11 a 16%.

Para os grãos cozidos, o conteúdo de umidade aumentou para todas as cultivares, permanecendo dentro da faixa de 60-70%, com o menor teor observado para a cultivar BRS Itaim (66,97%). Estes resultados corroboram com os dados da Tabela de Composição de Alimentos da Universidade de São Paulo - USP (2008), onde o feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) apresentou o teor médio de umidade de 69,2%. Teores superiores foram observados em feijão carioca (77,1%) por Brigide e Canniatti-Brazaca (2011), que justificam o aumento no teor de umidade durante a cocção devido à embebição dos grãos.

Durante o cozimento, o tegumento do feijão encontra-se diretamente envolvido na absorção da água. Alguns trabalhos indicam a existência de uma proporção inversa entre o tempo de cozimento e a absorção de água, e quanto maior a capacidade de absorção menor o tempo de cocção. Assim, os teores de água variam de cultivar para cultivar, segundo as propriedades e características dos tegumentos (permeabilidade e composição), composição química, temperatura de cocção (a absorção aumenta com a temperatura) e condições fisiológicas das cultivares (CAMPOS et al., 2010).

Com relação ao conteúdo de cinzas, observou-se que nos feijões crus variou de 3,20 (BRS Novaera) a 5,31% (Setentão). Verificando na cultivar Setentão o maior teor de cinzas, diferindo estatisticamente das demais. Após o cozimento, houve uma redução estatisticamente significativa no teor de cinzas totais em todas as cultivares, com os menores valores obtidos para a BRS Novaera (0,95%) e BR 17-Gurguéia (1,02%). A diminuição no conteúdo de cinzas totais também foi verificada por outros autores. Barros (2014) ao analisar feijão-caupi cru e cozido, observou teores de 3,55% (BRS Aracê) e 1,42% (BRS Tumucumaque), respectivamente. Pinheiro (2013) analisou genótipos de feijão-caupi crus e

cozidos e também obteve uma redução significativa ($p < 0,05$) após o cozimento, pois o feijão cru apresentou teores de cinzas variando de 3,56% a 3,79% e o feijão cozido variou de 0,58% a 1,31%. Ramírez-Cárdenas; Leonel; Costa (2008), em estudo sobre a composição centesimal do feijão-comum, observaram uma redução de 4% no teor de cinzas após o cozimento. Resultados semelhantes foram obtidos por Piedade et al. (2011), os quais observaram valores de 4,54% e 4,19% para o feijão comum cru e cozido da variedade Piratã, respectivamente.

Tabela 1 – Composição centesimal e valor calórico das oito cultivares de feijão-caupi cruas e cozidas. Pombal – PB, 2014.

Composição Centesimal	Cultivares	Processamento	
		Cru	Cozido
		Média ± DP	Média ± DP
Umidade (%)	Costela de Vaca	10,52b ± 0,05	67,53b ± 0,35
	BRS Marataoã	10,50b ± 0,06	67,85b ± 0,52
	BRS Itaim	7,97d ± 0,08	66,97b ± 1,23
	BR 17-Gurguéia	7,12e ± 0,19	70,13a ± 0,44
	BRS Novaera	10,57b ± 0,10	68,15b ± 0,26
	Paulistinha	11,32a ± 0,08	67,94b ± 0,42
	Setentão	7,32e ± 0,06	67,84b ± 0,19
	Patativa	9,65c ± 0,03	67,16b ± 0,33
	CV	0,99	0,82
Cinzas (%)	Costela de Vaca	4,62bc ± 0,06	1,26a ± 0,04
	BRS Marataoã	4,74b ± 0,10	1,26a ± 0,05
	BRS Itaim	4,07cd ± 0,03	1,11bc ± 0,03
	BR 17-Gurguéia	4,51bcd ± 0,04	1,02cd ± 0,03
	BRS Novaera	3,20e ± 0,07	0,95d ± 0,04
	Paulistinha	3,98d ± 0,07	1,17ab ± 0,01
	Setentão	5,31a ± 0,49	1,26a ± 0,06
	Patativa	4,33bcd ± 0,42	1,18ab ± 0,06
	CV	5,42	3,75
Lipídios (%)	Costela de Vaca	0,54ab ± 0,21	0,88a ± 0,07
	BRS Marataoã	0,68ab ± 0,16	0,61ab ± 0,15
	BRS Itaim	0,49b ± 0,23	0,31c ± 0,13
	BR 17-Gurguéia	0,55ab ± 0,22	0,42bc ± 0,02
	BRS Novaera	1,09a ± 0,24	0,36bc ± 0,09
	Paulistinha	0,64ab ± 0,30	0,40bc ± 0,17
	Setentão	0,40b ± 0,25	0,41bc ± 0,05
	Patativa	0,62ab ± 0,31	0,43bc ± 0,15
	CV	38,56	23,89

Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

Esta diminuição no teor de cinzas pode ser atribuída à perda de minerais por difusão na água empregada pelo tratamento térmico (BARAMPAMA; SIMARD, 1995). Ahvenainen (1996), afirma que a manutenção das quantidades minerais em um alimento é um desafio,

uma vez que, logo após a colheita, reações químicas e físicas passam a ocorrer e podem influenciar na qualidade, e os principais determinantes das perdas são os métodos de cocção, pois a temperatura, o tempo e o tipo de cocção influenciam diretamente na quantidade final destes nutrientes.

Os feijões apresentam, geralmente, um baixo conteúdo de lipídios em comparação com outros macronutrientes (RAMÍREZ-CÁRDENAS, 2006). Nas cultivares estudada, o teor de lipídios variou de 0,49% (BRS Itaim) a 1,09% (BRS Novaera) no feijão cru, e no feijão cozido, de 0,31% (BRS Itaim) a 0,88% (Costela de Vaca). Após o cozimento, ocorreu uma redução no conteúdo deste nutriente em todas as cultivares analisadas, com exceção da cultivar Costela de Vaca (Tabela 1).

Resultados semelhantes foram obtidos por El-Jasser (2011), que observou uma redução no teor de lipídios após o cozimento, apresentando o feijão cru e cozido valores de 1,3% e 1,1%, respectivamente. Giami (2005) também observou uma diminuição no conteúdo deste nutriente após o cozimento de linhagens de feijão-caupi com diferentes colorações dos tegumentos. A cultivar de feijão-caupi BRS Tumucumaque apresentou 1,69% de lipídeos na forma crua, e houve um aumento de 22% no seu conteúdo quando cozida (2,07%). Em estudo realizado por Pinheiro (2013), após o cozimento foi verificado aumento no teor de lipídios na linhagem MNC03-737F-5-4 quando comparado ao respectivo feijão cru. Um aumento de 9% no teor de lipídios também foi observado por Costa et al., (2001) em pesquisa com feijão da cultivar IAC-Carioca cozido sem maceração. O efeito de aumento e diminuição no teor de lipídios após o cozimento de cultivares de feijão comum também foi observado por Ramírez-Cárdenas; Leonel e Costa, (2008). Tais autores enfatizam que a diminuição no conteúdo de lipídios pode ser devido às interferências durante a análise provocadas pela formação de um complexo lipídio-proteína.

As proteínas são um dos principais componentes de todos os feijões secos (SATHE, 2002). Levando em consideração a recomendação de ingestão diária, o feijão-caupi é um alimento rico em proteínas com o valor médio aproximado de 23g em 100g de sementes. Porém, as proteínas tem seu valor nutritivo dependente de vários fatores, como digestibilidade, aminoácidos essenciais, fatores antinutricionais e processamento (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010). Segundo Carvalho et al., (2012), o conteúdo de proteínas totais de genótipos de feijão-caupi brasileiros varia de 20 a 30%, corroborando com os resultados obtidos no presente estudo, no qual o feijão-caupi cru apresentou teores proteicos entre 20% a 26% (Tabela 2).

Após o cozimento, observou-se uma redução significativa ($p < 0,05$) no conteúdo de proteínas para todas as cultivares analisadas (Tabela 2). Tal redução ocorreu, provavelmente devido à perda na maceração/cocção, pois proteínas e aminoácidos podem ter se solubilizado na água de maceração e, com isso, descartados, provocando a diminuição do teor. Os valores obtidos no presente estudo são inferiores aos de El-Jasser (2011), em que o feijão-caupi cozido apresentou teor de 23,7%. Barros (2014) analisou quatro cultivares de feijão-caupi (BRS Milênio, BRS Aracê, BRS Tumucumaque e BRS Xique xique) e observou um aumento no conteúdo de proteínas, de 24,0% para 26,37% em feijão cru e cozido, respectivamente. Os processamentos térmicos como o cozimento podem provocar alterações físico-químicas nas proteínas, amido e outros componentes das leguminosas, afetando o seu valor nutritivo (POEL et al., 1990; RAMÍREZ-CÁRDENAS; LEONEL; COSTA, 2008).

As diferenças observadas no conteúdo de proteínas dos grãos do presente estudo em relação a outras pesquisas com o feijão-caupi obtido via melhoramento genético convencional sugerem que esta técnica produz mudanças nos valores nutritivos dos feijões, no tocante ao seu teor de proteínas. Além disso, outros fatores podem interferir nas qualidades nutricionais e tecnológicas do feijão como o genótipo e as condições do ambiente durante o desenvolvimento da planta (CASTELLÓN et al., 2003; RIBEIRO, 2010).

O conteúdo de carboidratos nas cultivares esteve entre 60% e 67% no feijão cru e 18% e 22% no feijão cozido, de acordo com a Tabela 2. Nas cultivares avaliadas, foi possível observar redução significativa ($p < 0,05$) no conteúdo de carboidratos após o cozimento. As cultivares BR 17-Gurguéia e BRS Itaim exibiram maior concentração (67,46% e 66,28%) em suas formas cruas e, no feijão cozido, a cultivar BRS Itaim (22,98%) apresentou o teor mais elevado desse macronutriente. Em estudo de Barros (2014) o feijão-caupi apresentou teores de carboidratos de 61,28% e 14,95%, para o feijão cru e cozido, respectivamente. O elevado conteúdo de carboidratos no feijão-caupi era esperado, uma vez que apresenta um teor médio de 64% no feijão cru (ROCHA, 2009). Apesar da diminuição após o cozimento, o teor de carboidratos continuou expressivo, confirmando ser esse alimento uma boa fonte energética.

As cultivares apresentaram valores energéticos totais de feijão cru variando de 357,56 Kcal/100g (BR 17-Gurguéia) para 342,17 Kcal/100g (Costela de Vaca), de acordo com a Tabela 2. O feijão cozido apresentou uma redução no valor energético com teores de 129,22 Kcal/100g (Costela de Vaca) para 117,44 Kcal/100g (1032,63 KJ). Esta diminuição também foi observada por Barros (2014) com quatro cultivares de feijão-caupi, em que o feijão cru apresentou valor de 362,39 Kcal/100g (BRS Aracê) e o feijão cozido 171,16 Kcal/100g (BRS

Milênio). A diminuição do valor energético dos genótipos após o cozimento pode ser atribuída à redução dos teores de alguns macronutrientes, como os carboidratos.

Tabela 2 – Composição centesimal e valor calórico das oito cultivares de feijão-caupi cruas e cozidas. Pombal – PB, 2014.

Composição Centesimal	Cultivares	Processamento	
		Cru	Cozido
		Média ± DP	Média ± DP
Proteínas (%)	Costela de Vaca	22,00b ± 1,17	7,48c ± 0,80
	BRS Marataoã	22,63b ± 0,78	9,05bc ± 0,82
	BRS Itaim	21,17b ± 1,77	8,60bc ± 0,48
	BR 17-Gurguéia	20,66b ± 1,17	8,10bc ± 1,15
	BRS Novaera	20,67b ± 0,81	8,74bc ± 0,80
	Paulistinha	23,27b ± 1,48	9,68abc ± 0,59
	Setentão	26,06a ± 0,86	11,88a ± 1,75
	Patativa	22,70b ± 1,11	9,98ab ± 0,62
	CV	5,30	10,39
Carboidratos (%)	Costela de Vaca	62,30bc ± 1,03	22,84a ± 0,51
	BRS Marataoã	61,43bc ± 0,84	21,20ab ± 0,21
	BRS Itaim	66,28a ± 1,86	22,98a ± 1,22
	BR 17-Gurguéia	67,46a ± 1,77	20,31bc ± 0,84
	BRS Novaera	64,24ab ± 0,69	21,77ab ± 0,85
	Paulistinha	60,33c ± 1,77	20,78abc ± 0,58
	Setentão	61,28bc ± 1,42	18,79c ± 1,78
	Patativa	62,48bc ± 1,27	21,23ab ± 0,82
	CV	2,21	4,52
Valor Energético (Kcal/100g)	Costela de Vaca	342,17d ± 1,22	129,22a ± 1,48
	BRS Marataoã	342,43d ± 1,00	126,57a ± 1,52
	BRS Itaim	354,25ab ± 1,09	129,21a ± 4,75
	BR 17-Gurguéia	357,56a ± 2,84	117,44b ± 1,78
	BRS Novaera	349,56bc ± 2,52	125,40a ± 1,20
	Paulistinha	340,28d ± 4,85	125,53a ± 2,30
	Setentão	353,02ab ± 2,75	126,46a ± 1,92
	Patativa	346,35cd ± 3,41	128,75a ± 1,96
	CV	0,79	1,87

Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

5.2 AVALIAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS

De acordo com os valores apresentados na Tabela 3 do pH e acidez do feijão-caupi cru e cozido, é possível classificá-lo como um alimento de baixa acidez, ou seja, fracamente ácido.

A medida de pH de um alimento deve ser considerada na sua avaliação da qualidade, sob o ponto de vista microbiológico e químico. Na avaliação microbiológica, os alimentos se dividem em pH inferiores ou superiores a 4,5 que, de modo geral, indicam o seu grau de deterioração, atestado pela acidez ou basicidade desenvolvida. Nos aspectos químicos, a maior parte das reações ocorre durante o armazenamento e processamento dos alimentos e são significativamente alteradas, devido à variação da concentração hidrogeniônica do meio (GOMES; OLIVEIRA, 2011).

A determinação da acidez em conjunto com a medida de pH em grãos de feijão são parâmetro que pode contribuir na avaliação da qualidade tecnológica, nutricional e microbiológica destes produtos. As condições inadequadas de armazenamento podem levar à acidificação do tecido, conduzindo ao defeito de textura (LIU; MCWATTERS; PHILLIPS, 1993). A acidificação do tecido pode ser devida a processos biológicos como a hidrólise enzimática (lípases) de lipídios em ácidos graxos, à oxidação desses ácidos em ácidos orgânicos, hidrólise da fitina por ação da fitase, formando fosfato inorgânico e devido à ação de micro-organismos (RIBEIRO; PRUDENCIO-FERRREIRA; MIYAGUI, 2005).

O pH de grãos de feijão branco comercial, adquiridos no segmento varejista, sem controle de tempo de armazenamento, temperatura e umidade foi reportado por Silochi et al. (2013), com valores próximos da neutralidade que variaram de 6,53 a 6,61. A acidez titulável variou de 5,73 a 7,63%, ou seja, o feijão apenas macerado e sem cocção apresentou maior acidez e, por consequência, apresentou redução no pH. Estudos sobre pH e acidez, em diversos tipos de feijões, considerando períodos de armazenamento, temperatura, umidade e diferentes tratamentos têm apresentado resultados semelhantes, relacionados ao pH/acidez (SILOCHI et al., 2013).

Os valores de pH em grãos de feijão, reportados por Ribeiro, Prudêncio-Ferreira e Miyagui (2005), apontaram que feijões armazenados a 41°C e 75% de umidade relativa pelo período de 30 e 60 dias também mantiveram índices próximos da neutralidade: 6,47, 6,30 e 6,23 para os feijões controle, 30 e 60 dias de armazenamento, respectivamente.

A qualidade do feijão relacionada ao período de armazenamento refrigerado e ao pH foi observada por Rigueira, et al. (2009), que encontraram valores próximos da neutralidade (pH = 6,36) ao final do período do armazenamento.

Tabela 3 – Valores médios e desvios padrão de pH e acidez titulável em oito cultivares de feijão-caupi cru e cozido, Pombal – PB, 2014.

Variáveis	Cultivares	Processamento	
		Cru	Cozido
		Média ± DP	Média ± DP
pH	Costela de Vaca	6,53a ± 0,12	7,14ab ± 0,10
	BRS Marataoã	6,44ab ± 0,08	7,15ab ± 0,08
	BRS Itaim	5,96c ± 0,02	7,12ab ± 0,04
	BR 17-Gurguéia	6,38ab ± 0,14	7,10ab ± 0,01
	BRS Novaera	6,25b ± 0,08	7,23ab ± 0,08
	Paulistinha	6,39ab ± 0,12	7,24a ± 0,08
	Setentão	6,30b ± 0,09	7,11ab ± 0,03
	Patativa	6,31ab ± 0,06	7,09b ± 0,03
	CV	1,51	0,89
Acidez Titulável	Costela de Vaca	0,81a ± 0,04	0,24ab ± 0,01
	BRS Marataoã	0,80a ± 0,06	0,26ab ± 0,02
	BRS Itaim	0,65bc ± 0,10	0,22b ± 0,02
	BR 17-Gurguéia	0,71ab ± 0,04	0,24ab ± 0,05
	BRS Novaera	0,62bc ± 0,08	0,21b ± 0,03
	Paulistinha	0,60bc ± 0,04	0,25ab ± 0,05
	Setentão	0,71ab ± 0,07	0,30a ± 0,02
	Patativa	0,53c ± 0,02	0,27ab ± 0,04
	CV	8,96	13,29

Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

Conforme a Tabela 4 é possível observar que após a cocção houve uma redução na concentração de açúcares redutores e totais para todas as cultivares avaliadas, com possíveis perdas para o caldo de cocção. Valores reduzidos de açúcares redutores foram observados para o feijão cozido (0,14%, cultivares BRS Itaim e BR 17-Gurguéia) em relação ao feijão cru (3,68% cultivar BR 17-Gurguéia). Não foi detectada diferença entre as cultivares avaliadas quanto ao teor de açúcares totais no feijão cru, com redução após o cozimento.

Segundo Caniato, et al. (2007), o conteúdo de açúcares totais representa os açúcares estruturais presentes nos grãos como também os açúcares redutores, responsáveis pelo sabor adocicado, característico do produto fresco.

Tabela 4 – Valores médios e desvios padrão de açúcares redutores e totais em oito cultivares de feijão-caupi cru e cozido, Pombal – PB, 2014.

Variáveis	Cultivares	Processamento	
		Cru	Cozido
		Média ± DP	Média ± DP
Açúcares Redutores (%)	Costela de Vaca	2,69d ± 0,03	0,29b ± 0,07
	BRS Marataoã	2,75cd ± 0,07	0,42a ± 0,04
	BRS Itaim	2,88c ± 0,03	0,14c ± 0,01
	BR 17-Gurguéia	3,68a ± 0,06	0,14c ± 0,00
	BRS Novaera	2,71d ± 0,14	0,20c ± 0,00
	Paulistinha	3,17a ± 0,07	0,39a ± 0,02
	Setentão	2,83cd ± 0,05	0,29b ± 0,03
	BRS Patativa	3,74a ± 0,01	0,37a ± 0,02
	CV	2,23	11,07
Açúcares Totais (%)	Costela de Vaca	12,32a ± 1,86	0,63c ± 0,08
	BRS Marataoã	13,40a ± 1,34	1,44ab ± 0,24
	BRS Itaim	13,20a ± 2,32	1,21b ± 0,15
	BR 17-Gurguéia	13,67a ± 1,07	1,07b ± 0,14
	BRS Novaera	13,63a ± 0,94	1,32b ± 0,19
	Paulistinha	13,40a ± 1,71	1,20b ± 0,14
	Setentão	12,57a ± 0,92	1,31b ± 0,16
	BRS Patativa	11,97a ± 1,02	1,72a ± 0,20
	CV	11,34	13,52

Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

5.3 COMPOSTOS BIOATIVOS

O conteúdo de ácido ascórbico, antocianinas e flavonoides nas cultivares de feijão-caupi antes e após o cozimento e nos caldos de cocção pode ser observado na Tabela 5.

Os valores de ácido ascórbico oscilaram entre 7,69 e 10,87 mg.100g⁻¹ de feijão cru e para as cultivares Paulistinha e Costela de Vaca respectivamente. Após a cocção pode-se observar que houve uma redução do teor de ácido ascórbico para todas as cultivares avaliadas, não diferindo estatisticamente. Afonso, (2010) avaliando novas cultivares de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) encontrou teor de 8,93 mg.100g⁻¹. O teor de vitaminas dos alimentos é bastante variado, no caso de vegetais, pode variar de acordo com: a espécie, o estágio de maturação na época da colheita, variações genéticas, do manuseio pós-colheita, das condições de estocagem, do processamento e do tipo de preparação (CORREIA; FARAONI e PINHEIRO-SANT'ANA, 2008). Dentre as cultivares avaliadas, a BR 17-Gurguéia e a BRS Novaera apresentaram as maiores concentrações de flavonoides, de 7,09 mg/100g e 6,81

mg/100g, quando avaliados na forma crua. Em relação ao feijão cozido, a cultivar BRS Novaera apresentou a maior concentração de 4,44 mg/100g, diferindo estatisticamente das demais cultivares.

Em todas as cultivares estudadas, foi observada uma redução no teor de ácido ascórbico e flavonoides dos grãos após a cocção, e os valores encontrados para o caldo somados aos dos grãos cozidos, assemelham-se aos teores encontrados nos grãos crus. Desta forma, pode-se verificar que apesar da redução desses compostos após o processamento térmico, o consumo do feijão juntamente com o caldo pode conferir uma fonte razoável destes compostos bioativos.

A disponibilidade de ácido ascórbico e flavonoides no feijão cozido tende a diminuir em função da termolabilidade dos mesmos que pode afetar os fitoquímicos pela quebra térmica. A integridade da estrutura celular pode ser perdida pela migração dos componentes, permitindo perdas por escoamento ou por ação enzimática, além da atuação de fatores não enzimáticos como luz e oxigênio (VOLDEN et al., 2008). Os pigmentos naturais presentes nos alimentos conferem as características de cor e podem ser destruídos durante a armazenagem por oxidação, pelo processamento térmico e também alterados quimicamente devido a mudanças no potencial hidrogeniônico – pH (FELLOWS, 2006).

No presente estudo foi identificada a presença de antocianinas totais em pequenas concentrações nas amostras de feijão-caupi cru, cozido e no caldo de cocção, e a cultivar BRS Novaera cozida apresentou um conteúdo de 1,24 mg/100g. Barros, (2014), não identificou a presença de antocianinas em cultivares de feijão caupi (BRS Xique xique, BRS Milênio, BRS Aracê e BRS Tumucumaque), antes e depois do cozimento. Santana; Rêgo Júnior; Silva (2011), ao analisar os compostos bioativos de três cultivares de feijão, tipo fradinho (*Vigna unguiculata*), carioquinha (*Phaseolus vulgaris*) e o feijão-fava (*Phaseolus lunatus L.*), obtiveram concentrações de antocianinas de 0,29 mg/100g, 0,28 mg/100g e 0,37 mg/100g, respectivamente. Pode-se verificar que os valores obtidos para antocianinas nesse estudo são semelhantes à do estudo citado.

Os resultados corroboram com afirmações de Akond et al. (2011) sobre a relação direta entre a coloração do tegumento do feijão e a quantidade de antocianinas, ao passo que a cultivar BRS Novaera que tem coloração clara, apresentou teor de antocianinas mais elevado que as demais cultivares como a Costela de Vaca e BRS Patativa, que apresentam coloração escura.

Tabela 5 – Valores médios e desvios padrão para ácido ascórbico, antocianinas e flavonoides em oito cultivares de feijão-caupi cru, cozido e caldo de cocção, Pombal – PB, 2014.

Variáveis	Cultivares	Processamento		
		Cru	Cozido	Caldo
		Média ± DP	Média ± DP	Média ± DP
Ácido Ascórbico (mg.100g ⁻¹)	Costela de Vaca	10,87a ± 0,52	6,03a ± 1,79	2,97ab ± 0,00
	BRS Marataoã	8,21abc ± 1,56	4,61a ± 1,84	2,90ab ± 0,15
	BRS Itaim	7,96bc ± 2,04	5,44a ± 0,43	1,63d ± 0,38
	BR 17-Gurguéia	9,55abc ± 1,24	7,30a ± 1,94	2,97ab ± 0,00
	BRS Novaera	8,23abc ± 1,60	6,18a ± 0,93	2,38bc ± 0,00
	Paulistinha	7,69c ± 0,53	5,25a ± 1,58	2,08cd ± 0,24
	Setentão	10,62ab ± 0,01	5,22a ± 0,61	2,38bc ± 0,42
	BRS Patativa	9,83abc ± 1,01	5,55a ± 0,86	3,27a ± 0,34
	CV	13,57	24,02	9,93
Antocianinas (mg.100g ⁻¹)	Costela de Vaca	0,18c ± 0,07	0,44bc ± 0,25	0,75a ± 0,06
	BRS Marataoã	0,13c ± 0,08	0,27c ± 0,03	0,30bc ± 0,03
	BRS Itaim	0,79a ± 0,21	0,27c ± 0,03	0,73a ± 0,10
	BR 17-Gurguéia	0,27c ± 0,04	0,28bc ± 0,10	0,25c ± 0,06
	BRS Novaera	0,31bc ± 0,13	1,24a ± 0,70	0,14c ± 0,05
	Paulistinha	0,31bc ± 0,06	0,93ab ± 0,21	0,29bc ± 0,10
	Setentão	0,56ab ± 0,07	0,42bc ± 0,09	0,32bc ± 0,07
	BRS Patativa	0,34bc ± 0,09	0,31bc ± 0,06	0,47b ± 0,14
	CV	29,29	53,24	20,93
Flavonoides (mg.100g ⁻¹)	Costela de Vaca	5,01bc ± 0,68	2,74bc ± 0,70	2,97a ± 0,31
	BRS Marataoã	2,52d ± 0,90	2,35c ± 0,22	1,38cde ± 0,11
	BRS Itaim	4,87c ± 0,60	2,60c ± 0,08	1,26de ± 0,14
	BR 17-Gurguéia	7,09a ± 0,78	2,71bc ± 0,26	1,66cd ± 0,13
	BRS Novaera	6,81ab ± 0,81	4,44a ± 0,75	1,04e ± 0,09
	Paulistinha	5,43abc ± 0,91	3,61ab ± 0,25	1,51cde ± 0,14
	Setentão	5,87abc ± 0,34	2,70bc ± 0,22	1,80bc ± 0,15
	BRS Patativa	5,44abc ± 1,27	2,80bc ± 0,28	2,28b ± 0,40
	CV	15,31	13,83	12,38

Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

Em relação ao feijão-caupi cozido, houve uma redução do conteúdo de antocianinas para algumas cultivares (BRS Itaim, Setentão e BRS Patativa), assim como também houve um aumento para outras cultivares (Costela de Vaca, BRS Marataoã, BR 17-Gurguéia, BRS Novaera e Paulistinha). Tal resultado pode ser atribuído à instabilidade das antocianinas em altas temperaturas, uma vez que são rapidamente destruídas pelo aquecimento. Especialmente durante a cocção em alta temperatura e pressão, mesmo que por curto tempo, como na presente pesquisa vale salientar que utilizando baixo tempo em alta temperatura têm sido recomendados para melhor retenção dos pigmentos (MALACRIDA; MOTTA, 2006).

Horbowicz et al. (2008) também afirmam que, o conteúdo de antocianinas totais em feijões pode variar consideravelmente entre as diferentes cultivares, entre as diferentes partes da planta de uma mesma cultivar; este conteúdo pode ser afetado pela genética, pela luminosidade, temperatura e características agronômicas.

Considerando a importância dos compostos fenólicos alimentares para a saúde humana em razão da atividade antioxidante que possuem, a Tabela 6 demonstra o conteúdo de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante, obtidos nas cultivares antes e após o cozimento e respectivos caldos de cocção.

Pelos resultados, verificou-se que as concentrações de compostos fenólicos no feijão cru foram superiores aos feijões submetidos ao cozimento, para todas as cultivares avaliadas. Assim, o cozimento levou a uma redução significativa ($p < 0,05$) no conteúdo deste composto bioativo.

Para o feijão-caupi cru, observou-se uma diferença estatisticamente significativa entre as oito cultivares estudadas, com a cultivar BRS Marataoã possuindo maior teor de compostos fenólicos (112,15 mg/100 g), seguido da cultivar BR 17-Gurguéia (110,65 mg/ 100 g). A cultivar BRS Novaera foi a que obteve a menor concentração destes compostos (84,43 mg/100 g).

Baseado em estudo de Marathe et al., (2011), que ao analisarem legumes como feijão comum, feijão-caupi, grão-de-bico, soja, ervilha, dentre outros, classificaram estes em três grupos diferentes de acordo com o teor de compostos fenólicos obtidos. Assim, considerando os resultados do presente estudo, as cultivares cruas de feijão-caupi, Costela de Vaca, BRS Marataoã, BR 17-Gurguéia e BRS Patativa, podem ser classificadas com moderado teor de fenólicos (> 100 e < 200 mg/100 g).

Com relação às cultivares cozidas, as médias diferiram estatisticamente entre si ($p < 0,05$), com as maiores concentrações de compostos fenólicos para a cultivar BR 17-Gurguéia, 15,39 mg/100 g, seguida da cultivar Costela de Vaca com 15,25 mg/100 g de compostos fenólicos. Em todos os caldos de cocção, detectou-se a presença de compostos fenólicos, com o maior conteúdo para o caldo de cocção da cultivar Costela de Vaca (52,02 mg/100 g).

Conforme a Tabela 6, o presente estudo obteve resultados inferiores ao de Adebooye e Singh (2007), que ao avaliarem o efeito da cocção no teor de compostos fenólicos em duas variedades de feijão-caupi, obtiveram teores que variaram de 40 a 50 mg/100 g nos grãos cozidos. Giami (2005) analisou quatro linhagens de feijão-caupi e obteve teores que variaram de 99 a 196 mg/100 g para as linhagens cruas e 52 a 78 mg/100 g para as cozidas.

Tabela 6 – Valores médios e desvios padrão para compostos fenólicos e capacidade antioxidante em oito cultivares de feijão-caupi cru, cozido e o caldo de cocção. Pombal – PB, 2014.

Variáveis	Cultivares	Processamento		
		Cru	Cozido	Caldo
		Média ± DP	Média ± DP	Média ± DP
Compostos Fenólicos (mg.100g⁻¹)	Costela de Vaca	102,23bc ± 2,69	15,25a ± 0,54	51,45a ± 2,14
	BRS Marataoã	112,15a ± 2,78	14,25ab ± 1,31	46,82b ± 1,49
	BRS Itaim	89,35d ± 3,07	12,43c ± 0,60	17,75e ± 0,45
	BR 17-Gurguéia	110,65ab ± 4,99	15,39a ± 0,23	31,83d ± 1,64
	BRS Novaera	84,43d ± 1,50	13,11bc ± 0,27	11,87f ± 0,34
	Paulistinha	98,34c ± 4,43	14,86a ± 0,34	43,86b ± 2,06
	Setentão	98,85c ± 4,43	14,00ab ± 0,41	36,86c ± 0,48
	BRS Patativa	100,88c ± 5,17	14,81a ± 0,21	45,29b ± 1,15
	CV	3,85	4,17	3,92
Atividade Antioxidante (g feijão.g DPPH⁻¹)	Costela de Vaca	71,29b ± 4,89	355,23b ± 15,40	102,14b ± 19,89
	BRS Marataoã	57,69b ± 1,88	618,89ab ± 19,98	180,50b ± 13,86
	BRS Itaim	82,28ab ± 5,99	968,42a ± 19,62	230,02b ± 15,24
	BR 17-Gurguéia	67,27b ± 2,91	394,52b ± 4,52	197,93b ± 13,17
	BRS Novaera	98,09a ± 5,38	782,29ab ± 8,30	1053,99a ± 19,63
	Paulistinha	77,63ab ± 15,61	559,27ab ± 17,31	169,04b ± 16,29
	Setentão	76,63ab ± 2,67	755,96ab ± 8,62	190,75b ± 3,55
	BRS Patativa	73,71ab ± 18,60	566,39ab ± 12,77	176,38b ± 7,57
	CV	12,35	26,80	41,94

Médias seguidas por letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

Em estudos realizados por Adebooye e Singh (2007); Avanza et al., (2013); Giami (2005); Kalpanadevi e Mohan (2013); Pinheiro (2013) que avaliaram o efeito do cozimento no conteúdo de compostos fenólicos em diferentes cultivares de feijão-caupi foram observados resultados semelhantes aos obtidos na presente pesquisa, ou seja, reduções significativas no conteúdo de tais compostos.

Vários fatores podem interferir no conteúdo de compostos fenólicos em legumes, como fatores genéticos e ambientais, além de fatores inerentes às condições de extração destes compostos da matriz alimentar, como tipo de solvente utilizado, por exemplo. Dessa forma, isso pode justificar as diferenças observadas no conteúdo destes compostos quando comparados com outros estudos. Apesar da redução dos compostos fenólicos após o cozimento, os teores desses compostos continuam expressivos, considerando-se o somatório dos conteúdos obtidos nas cultivares cozida e seus respectivos caldos de cocção, mostrando

que mesmo após o cozimento, as cultivares analisadas ainda constitui importantes aliados à saúde com preservação da sua funcionalidade, desde que consumidas com o caldo da cocção.

Segundo Kalpanadevi e Mohan (2013), a redução dos compostos fenólicos obtida em condições de altas temperaturas e pressão pode ser devida às transformações químicas, decomposição dos fenólicos, conversão destes em outros produtos ou a formação de complexos fenólico-proteína insolúveis. As elevadas temperaturas podem promover polimerização e/ou decomposição das estruturas aromáticas, o que dificulta a sua quantificação com o reagente *Folin Ciocalteau*. Além disso, Granito; Paolini e Pérez (2008) enfatizam que o contato com a água a elevadas temperaturas pode aumentar a solubilidade dos compostos, e estes podem migrar para a água de cocção ou é possível a sua conversão em compostos voláteis que são liberados no vapor durante o cozimento.

O ensaio de redução do radical livre DPPH constitui um método químico frequentemente utilizado para a investigação do potencial antioxidante de extratos de vegetais e possibilita variação no modo de apresentação dos resultados concernentes à capacidade antioxidante investigada. Assim, os resultados deste trabalho foram expressos pelo valor de EC50, que é um parâmetro indicativo da concentração inibitória necessária para diminuir em 50% o radical livre DPPH (AVANZA et al., 2013). A capacidade antioxidante das cultivares de feijão-caupi analisada pelo método de captura dos radicais livres DPPH, antes e após o cozimento, está demonstrada na Tabela 6. Verificou-se uma diminuição estatisticamente significativa na capacidade antioxidante das cultivares estudada após o cozimento.

Dos resultados para capacidade antioxidante expressos em EC50 (g feijão.g DPPH⁻¹), observa-se que houve diferença estatisticamente significativa entre os feijões crus. A cultivar BRS Marataoã foi a que apresentou a menor concentração (57,69) para reduzir em 50% o radical DPPH, demonstrando que essa cultivar possui um maior poder em combater radicais livres. Para o feijão cozido, verificou-se que a cultivar Costela de Vaca apresentou a menor concentração de EC50, de 355,23 g feijão.g DPPH⁻¹ obtendo o melhor desempenho.

Em estudo realizado por Siddhuraju e Becker (2007), com feijão-caupi cru e processado, observou-se uma redução da capacidade antioxidante nos feijões estudados após o processamento, apresentando valores de 7050 mg/L para o feijão marrom cru e de 13800 mg/L para o feijão marrom processado. Huber (2012) ao estudar o efeito da cocção na capacidade antioxidante de feijão comum, obtiveram valores de 87,3 mg/L e de 126,5 mg/L para o feijão cru e cozido da cultivar BRS9435-Cometa e de 99,9 mg/L e 140,1 mg/L para o feijão cru e cozido da cultivar Xamego, respectivamente. Valdês (2010) ao estudar o feijão comum cru e processado, concluiu que a capacidade antioxidante apresentou o maior

potencial de redução de radicais livres nas amostras de feijões cozidos com e sem água de maceração do que nos feijões crus, divergindo com os resultados desse trabalho.

Pinheiro (2013), ao avaliar diferentes genótipos de feijão-caupi, obteve para a cultivar Pingo de Ouro ¹⁻² valores de 7,83 mg/L para o feijão cru e 25,83 mg/L para o feijão cozido, com redução estatisticamente significativa após o cozimento. Resultados semelhantes aos do presente estudo foram observados por Marathe et al., (2011), que analisaram variedades de feijão-caupi com tegumento vermelho e marrom. Verificou-se elevada capacidade antioxidante pelo método DPPH (valores maiores que 400 und DPPH/g de amostra). As variedades estudadas possuíram elevados teores de compostos fenólicos, devido à coloração do tegumento, o que refletiu na capacidade antioxidante.

Após o cozimento, observou-se uma diminuição estatisticamente significativa na capacidade antioxidante das cultivares, e os caldos de cocção apresentaram capacidade antioxidante mais elevada em comparação ao grão cozido, com destaque para cultivar Costela de Vaca que apresentou menor concentração de EC50, de 102,14g feijão.g DPPH⁻¹. Embora vários autores tenham demonstrado que existe uma correlação positiva entre o teor de fenólicos totais e a capacidade antioxidante de feijões, os resultados obtidos neste estudo estão de acordo com os de Heinonen; Lehtonen; Hopla (1998), os quais afirmam que a atividade de um extrato não pode ser explicada apenas com base em seu teor de fenólicos totais, requer também a caracterização da estrutura dos compostos ativos. Korus; Gumul; Czechowska (2007), afirmam que a capacidade antioxidante não depende somente da quantidade, mas também do tipo de compostos bioativos (taninos, flavonóides, ácidos carboxílicos C6-C1 e C6-C3, dentre outros) redutores de radicais livres presentes na amostra.

Para Melo et al., (2009), a comparação da ação antioxidante de vegetais crus e cozidos é complicada e deve-se levar em consideração que o teor dos compostos bioativos em vegetais, em termos quantitativos e qualitativos, varia em função de fatores intrínsecos (cultivar, variedade, estágio de maturação) e extrínsecos (condições climáticas e edáficas). Assim, a retenção destes constituintes em vegetais cozidos pode estar relacionada com o seu teor inicial e as condições de processamento aplicadas.

Assim, a redução da ação antioxidante verificada no presente estudo pode ter ocorrido devido ao processamento térmico promover a destruição de compostos bioativos levando a redução dos mesmos, e/ou à formação de novos compostos com ação pró-oxidante. Dentre os compostos bioativos analisados, verificou-se uma relação entre os teores de compostos fenólicos, flavonoides totais e ácidos ascórbico dos extratos dos feijões e a capacidade antioxidante avaliada pelos dois métodos utilizados.

Assim, os compostos fenólicos, os flavonoides e o ácido ascórbico, contribuíram para a capacidade antioxidante das cultivares analisadas, visto que a cultivar BRS Marataoã crua apresentou o maior teor de compostos fenólicos, que se refletiu na sua capacidade de sequestrar os radicais livres DPPH.

6 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nas condições nas quais este trabalho foi desenvolvido, permitem concluir que:

- O cozimento afetou a composição centesimal das cultivares de feijão-caupi, com aumento no teor de umidade para todas as cultivares, e perdas no conteúdo de proteínas, carboidratos e valor energético.
- Para os compostos bioativos, a presença de antocianinas nas cultivares foi detectada em pequenas concentrações, sendo que a cultivar BRS Novaera apresentou maior teor após o cozimento, demonstrando que estes compostos têm sua distribuição influenciada pelo genótipo. A cultivar BRS Marataoã apresentou os maiores conteúdos de compostos fenólicos totais antes do cozimento e a cultivar Costela de Vaca após a cocção e no caldo. As cultivares BR17-Gurguéia e BRS Novaera apresentaram consideráveis teores de flavonóides totais e as cultivares Costela de Vaca e Setentão expressaram relevantes teores de ácido ascórbico, todas elas antes do cozimento.
- Para a atividade antioxidante, observaram-se comportamentos diferenciados para cada cultivar no método avaliado. Antes do cozimento, a cultivar BRS Marataoã apresentou maior atividade antioxidante. Após o cozimento, o caldo de cocção apresentou melhores resultados em relação aos grãos cozidos para seis das oito cultivares analisadas, com destaque para cultivar Costela de Vaca. Os compostos fenólicos totais, os flavonoides e o ácido ascórbico foram os principais compostos bioativos a contribuir para a atividade antioxidante das cultivares de feijão-caupi.
- No geral, mesmo após o cozimento das cultivares, estas mantiveram características nutritivas e funcionais relevantes, recomendando-se o consumo do feijão-caupi com o caldo de cocção para retenção de compostos com propriedades antioxidantes.

REFERÊNCIAS

- ADEBOOYE, O. C.; SINGH, V. Effect of cooking on the profile of phenolics, tannins, phytate, amino acid, fatty acid and mineral nutrients of whole-grain and decorticated vegetable cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). **Journal of Food Quality**, [S.l.], v. 30, n. 6, p. 1101-1120, 2007.
- AFONSO, S. M. E. **Caracterização físico-química e atividade antioxidante de novas variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 2010. 44 f. Dissertação (Mestrado em Qualidade e Segurança Alimentar) - Escola Superior Agrária de Bragança, Instituto Politécnico de Bragança, Portugal, 2010.
- AHVENAINEN, R. New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. **Trends in Food Science and Technology**, Cambridge, v. 7, n. 6, p. 179-187, 1996.
- AKOND, A. S. M. G. M. et al. Anthocyanin, total polyphenols and antioxidant activity of common bean. **American Journal of Food Technology**, Mayville, v. 6, n. 5, p. 385-394, 2011.
- ANDRADE, F. N. **Avaliação e seleção de linhagens de tegumento e cotilédones verdes para o mercado de feijão-caupi verde**. 2010. 110 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2010.
- ANDRADE, F. N.; ROCHA, M. M.; GOMES, R. L. F.; FREIRE FILHO, F. R.; RAMOS,
- ANDRADE, R. S. G. Determinação e distribuição de ácido ascórbico em três frutos tropicais. **Eclética Química**. V 27. 2002.
- ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos: uma breve revisão. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 66, n. 1, p. 232-240, 2007.
- ARBOS, K. A. et al. Atividade antioxidante e teor de fenólicos totais em hortaliças orgânicas e convencionais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 2, p. 501-506, 2010.
- ARMELIN, J. M.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G.; PIEDADE, S. M. S.; MACHADO, F. M. V. F.; SPOTO, M. H. F.; Avaliação física de feijão carioca irradiado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 3, p. 498-502, 2007.
- AVANZA, M.; ACEVEDO, B.; CHAVES, M.; AÑÓN, M. Nutritional and antinutritional components of four cowpea varieties under thermal treatments: Principal component analysis. **LWT - Food Science and Technology**, v. 51, n. 1, p.148-157, 2013.
- AZULAY, M.M. et al. **Vitamina C**. In: Congresso Brasileiro de Dermatologia. Rio de Janeiro: UFRJ, p. 265-274, 2003.

BARAMPANA, 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**, Dordrecht, v. 48, n. 4, p. 349-365, 1995.

BARATA-SOARES, A. D.; GOMEZ, M. L. P. A.; MESQUITA, C. H. de; LAJOLO, F. M. Acid ascorbic biosynthesis: a precursor study on plants. **Brazilian Journal of Plant Physiology**. v. 16, n. 3, p. 147-154, 2004.

BARREIROS, A. L. B. S.; DAVID, J. M. Estresse oxidativo: relação entre geração de espécies reativas e defesa do organismo. **Química Nova**, v. 29, n. 1, p. 113-123, 2006.

BARROS, N. V. A. **Influencia do cozimento na composição centesimal, minerais, compostos bioativos e atividade antioxidante de cultivares de feijão-caupi**. 2014. 90f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição, Universidade Federal do Piauí, Teresina-PI.

BASSINELLO, P. Z. Qualidade na escolha de variedades de feijão para o mercado consumidor. **Atualidades em micotoxinas e armazenagem qualitativas de grãos II**. 1. ed. Florianópolis: Imprensa Universitária, 2008.

BEECHER, G. et al. Screening of foods containing proantho cyanidins and their structural characterization using LC-MS/MS and thiolytic degradation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 51, n. 25, p. 7513–7521, 2003.

BENDICH, A.; LANGSETH, L. The health effects of vitamin C supplementation: a review **Journal of the American College of Nutrition** 14., pp. 124–136, 1995.

BENNINK, M. R.; BARRETT, K. G. Total phenolic content in canned beans. **Bean Improvement Cooperative**, [S.l.], v. 47, p. 211-212, 2004.

BIANCHI, . de L.; ANTUNES, L. M. G. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. **Revista de Nutrição**. v. 12, n. 2, p. 123-130, 1999.

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.

BRACKMANN, et al. Conservação de três genótipos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) do grupo carioca em armazenamento refrigerado e em atmosfera controlada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.6, 2002.

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

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 12 de 28 mar. 2008. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 31 mar. 2008. Seção 1, p. 11-14.

BRASIL. **Tabela brasileira de composição de alimentos – TACO**. 4 ed. Campinas: NEPA-UNICAMP, 2011. 161 p.

BRENNA, O. V.; PAGLIARINI, E. Multivariate analyses of antioxidant power and polyphenolic composition in red wines. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 49, n. 10, p. 4841-4844, 2001.

BRIGIDE, P.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Avaliação dos efeitos da cocção e irradiação na composição do feijão carioca (*Phaseolus vulgaris* L.). **Alimentos e Nutrição**. Araraquara, v. 22, n. 1, p. 97-102, 2011.

BURATTO, J. S. Variabilidade genética e efeito do ambiente para o teor de proteína em grãos de feijão. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.31, n.4, p.593-597, 2009.

BURR, K. H.; KON, S.; MORRIS, H. J. Cooking rates of dry beans as influenced by moisture content, temperature and time of storage. **Food Technology**, v. 22, p. 336-338, 1968.

BYERS, T.; PERRY, G. Dietary Carotenes, Vitamin C, and Vitamin E as Protective Antioxidants in Human Cancers. **Annual Review of Nutrition**. v. 12, p. 139-159, 1992.

CAMPOS, E. S. et al. Características morfológicas e físicas de grãos secos e hidratados de cinco cultivares de feijão-caupi. **Revista Agroambiente**, Roraima, v. 4, n. 1, p. 34-41, 2010.

CANIATO, F. F. et al. Quantificação de açúcares solúveis totais, açúcares redutores e amido nos grãos verdes de cultivares de milho na colheita. **Ciência Agrotécnica**, v. 31, n. 6, p. 1893-1896, 2007

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

CARVALHO, A. F. U. et al. Nutritional ranking of 30 Brazilian genotypes of cowpeas including determination of antioxidant capacity and vitamins. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 26, n. 1-2, p. 81-88, 2012.

CARVALHO, C. R. L.; MANTOVANI, D. M. B.; CARVALHO, P. R. N.; MORAES, R. M. M. **Análises químicas de alimentos**. Campinas: ITAL, 1990.

CASTÉLLON, R. E. R. et al. Composição elementar e caracterização da fração lipídica de seis cultivares de caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 149-153, 2003.

CERQUEIRA, F. M.; MEDEIROS, M. H. G. de; AUGUSTO O. Antioxidantes dietéticos: controvérsias e perspectivas. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 441-449, 2007.

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

- CHOUNG, M. G. CHOI, B. R.; AN, Y. N.; CHU, Y. H.; CHO, Y. S. Anthocyanin profile of Korean cultivated kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, p. 7040-7043, 2003.
- CORREIA, L. F. M.; FARAONI, A. S.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Efeitos do processamento industrial de alimentos sobre a estabilidade de vitaminas. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 19, n. 1, p. 83-95, 2008.
- COSTA, G.R. et al. Variabilidade para absorção de água nos grãos de feijão do germoplasma da UFLA. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 25, n. 4, p.1017-1021, 2001.
- DAMODARAN, S.; PARKIN, K.; FENNEMA, O. R. Fennema's food chemistry. 4. ed. Boca Raton: CRC Press, 2008. 1144 p.
- DEGÁSPARI, C. H.; WASZCZYNSKYJ, N. Propriedades antioxidantes de compostos fenólicos. **Visão Acadêmica**, Curitiba, v. 5, n. 1, p. 33-40, 2004.
- DODSON, H. G.; MURPHY, J. B.; MORELOCK, T. E. Identifying amounts and types of anthocyanins in cultivars and breeding lines of cowpea. **Hort Science**, USA, v. 39, n. 3, p. 655, 2005.
- DREOSTI, I. E. Antioxidant polyphenols in tea, cocoa, and wine. **Nutrition**, Austrália, v. 7-8, n. 16, p. 692-694, 2000.
- DUDONNÉ, S.; VITRAC, X.; COUTIÈRE, P.; WOILLEZ, M.; MÉRILLON, J-M. Comparative study of antioxidant properties and total phenolic content of 30 plant extracts of industrial interest using DPPH, ABTS, FRAP, SOD, and ORAC assays. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, n. 5, p. 1768-1774, 2009.
- EL-JASSER, A. S. H. Chemical and biological properties of local cowpea seed protein grown in Gizan Region. **International Journal of Agricultural and Biological Sciences**, [S.l.], v. 1, n. 2, p. 68-75, 2011.
- EMBRAPA. Cultivo de feijão caupi. 2003. Disponível em: <http://www.cpamn.embrapa.br/pesquisa/graos/feijaocaupi/referencias.htm>. Acesso em: fev/2014.
- FANG, J.; CHAO, C. T.; ROBERTS, P. A.; EHLERS, J. D. Genetic diversity of cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] in four West African and USA breeding programs as determined by AFLP analysis. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 54, p.1197-1209, 2007.
- FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 602 p.
- FERREIRA, A. C. P. **Feijão pré-cozido irradiado com raios gama do Cobalto-60: uma alternativa de consumo**. 2010. 62p. Tese (Doutorado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

FERREIRA, A. C. P. **Feijão pré-cozido irradiado com raios gama do Cobalto-60: uma alternativa de consumo**. 2010. 62 p. Tese (Doutorado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

FRANCIS, F. J. Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS, P. (Ed.). **Anthocyanins as food colors**. New York: Academic, p. 181-207, 1982.

FRANCIS, F. J. Food colorants: anthocyanins. **Critical Review in Food Science and Nutrition**, [S.l.], v. 28, n. 4, p. 273-314, 1989.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; BARRETO, P. D.; SANTOS, A. A. Melhoramento genético. In: FREIRE FILHO, F.R.; LIMA, J.A. de A.; RIBEIRO, V.Q. (Ed.). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 28-92.

FREIRE FILHO, F. R.; ROCHA, M. de M.; RIBEIRO, V. Q.; SITTOLIN, I. N. Avanços e perspectivas da cultura do feijão-caupi. In: ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. (Ed.) **Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, v. 1, 2008, p. 235-250.

FREIRE FILHO, F.R.; RIBEIRO, V.Q.; BARRETO, P.D.; SANTOS, C.A.F. **Melhoramento genético de caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] na região do Nordeste**. Disponível em: <<http://ww.cpsa.embrapa.br>>. Acesso: 16 dez. 2011.

FROTA, K. de M. G.; SOARES, R. A. M.; ARÊAS, J. A. G. Composição química do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.), cultivar BRS- Milênio. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 2, p. 470-476, 2008.

FROTA, K. M. G.; MORGANO, M. A.; SILVA, M. G.; ARAÚJO, M. A. M.; MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R. Utilização da farinha de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) na elaboração de produtos da panificação. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.30, suppl. 1, p.44-50, 2010.

GALVANO, F. et al. Cyanidins: metabolism and biological properties. **Journal of Nutritional Biochemistry**, Stoneham, v. 15, n. 2, p. 2-11, 2004.

GIAMI, S. Y. Compositional and nutritional properties of selected newly developed lines of Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 18, n. 7, p. 665-673, 2005.

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 374-381, 2007.

GOMES, F. P. E. **Curso de Estatística Experimental**. São Paulo, Nobel, p. 96-125, 1987.

GOMES, J. C.; OLIVEIRA, G. F. **Análises físico-químicas de alimentos**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa - UFV, 2011.

GRANITO, M.; PAOLINI, M.; PÉREZ, Polyphenols and antioxidant capacity of *Phaseolus vulgaris* stored under extreme conditions and processed. **LWT – Food Science and Technology**, v. 41, n. 6, p. 994–999, 2008.

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

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

HEINONEN, M.; LEHTONEN, P. J.; HOPLA, A. Antioxidant activity of berry and fruit wines and liquor. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 46, n. 1, p. 25-31, 1998.

HORBOWICZ, M; KOSSON, R.; GRZESIUK, A.; DEBSKI, H..Anthocyanins of fruits and vegetables - their occurrence, analysis and role in human nutrition. **Vegetable Crops Research Bulletin**, v. 68, 2008.

HUBER, K. **Evidências da interação entre proteínas e taninos de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) e seus efeitos na digestibilidade proteica**. 2012. 107p. Dissertação (mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

HUBER, L. S.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Flavonóis e flavonas: fontes brasileiras efatores que influenciam a composição em alimentos. **Alimentos e Nutrição**. Araraquara, v. 19, n. 1, p. 97-108, 2008.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos Químicos e Físicos para Análise de Alimentos**. 4. ed. São Paulo: IAL, 2008. 1020 p.

KALPANADEV, V.; MOHAN, V. R. Effect of processing on antinutrients and *in vitro* protein digestibility of the underutilized legume, *Vigna unguiculata* (L.)Walp subsp. *Unguiculata*. **LWT - Food Science and Technology**, v. 51, n. 2, p. 455-461, 2013.

KATO, L. S. **Caracterização química de feijão para produção de material de referencia certificado**. 2014. 88p. Dissertação (Mestrado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

KAUR, R. Prevalence and growth of pathogens on salad vegetables, fruits and sprouts. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, Jena, v. 203, n. 3, p. 205-213, 2001.

KOLEVA, I. I.; BEEK, T. A. V.; LINSSEN, J. P. H.; GROOT, A.; EVSTATIEVA, L. N. 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 Tech**, Canadá, v. 45, p.139-146, 2007.

LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I.; MENEZES, E. W. Qualidade nutricional. In: Araújo, A. et al. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Publicado por: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato – Potafos, 1996. Seção I, p. 23-45.

LIMA, E. D. P de. A.; JERÔNIMO, E de. S.; LIMA, C. A de A.; GONDIM, P. J de. S.; ALDRIGUE, M. L.; CAVALCANTE, L. F. Características físicas e químicas de grãos verdes de linhagens e cultivares de feijão caupi para processamento tipo conserva. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 7, n.1, p. 129-134, 2003.

LIMA, V. L. A. G.; MÉLO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; SILVA, G. S. B.; LIMA, D. E. S. Fenólicos totais e atividade antioxidante do extrato aquoso de broto de feijão-mungo (*Vigna radiata* L.). **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 17, n. 1, p. 53-57, 2004.

LIU, K.; PHILLIPS, R. D.; MCWATTERS, K. H.; Mechanism of pectin change during soaking and cooking as related to hard-to-cook defect in cowpeas. **J. Agric. Food Chemistry**., v. 41, n. 9, p. 1476, 1993.

LOPES, R. M. et al. Flavonóides. **Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento**, Brasília, v. 3, n. 14, p. 18-22, 2000.

LOPES, T. F.; XAVIER, M. F.; QUADRI, M. G. N.; QUADRI, M. B. Antocianinas: uma breve revisão das características estruturais e da estabilidade. **Revista Brasileira de Agrocência**, Pelotas, v.13, n.3, p. 291-297, jul-set, 2007.

LUTHRIA, D. L.; PASTOR-CORRALES, M. A. Phenolic acid content of fifteen dryedible beans (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 19, n. 2-3, p. 205-211, 2005.

MALACRIDA, C. R.; MOTTA, S. Antocianinas em suco de uva: composição e estabilidade. **Boletim do Ceppa**, Paraná, v. 24, n. 1, p. 59-82, 2006.

MARATHE, S. A. et al. Comparative study on antioxidant activity of different varieties of commonly consumed legumes in India. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v. 49, n. 9, p. 2005-2011, 2011.

MARTÍNEZ-FLORÉZ, S. et al. Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes. **Nutrición Hospitalaria**, Espanha, v. 17, n. 6, p. 271-278, 2002.

MATOS FILHO, C. H. A.; GOMES, R. L. F.; ROCHA, M. M.; FREIRE FILHO, F. R.; LOPES, A. C. A. Potencial produtivo de progênies de feijão-caupi com arquitetura ereta de planta. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 39, n. 2, p. 348-354, 2009.

MATSSON, S. The cookability of yellow peas: A colloid-chemical and biochemical study. **Acta Agric. Suecana II**, Stockholm, v. 2, p. 185-231, 1946.

MAZZA, G.; MINIATI, E. **Anthocyanins in fruits, vegetables and grains**. Boca Raton: CRC Press, 1993.

MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, V. L. A. G.; SANTANA, A. P. M. Antioxidant capacity of vegetables submitted to thermal treatment. **Nutrire**, São Paulo, v. 34, n.1, p. 85-95, 2009.

MESQUITA, F. R.; CORRÊA, A. D.; ABREU, C. M. P. de; LIMA, R. A. Z.; ABREU, A. de F. B. Linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.): composição química e digestibilidade proteica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1114-1121, 2006.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v. 31, p. 426-428, 1959.

MOREIRA-ARAÚJO, R. R. S. et al. Utilização de biscoito à base de farinha de feijão-caupi em pré-escolares com anemia ferropriva. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 2., 2009, Belém. **Anais...** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2009. 1 CD-ROM.

NACZK, M.; SHAHIDI, F. Extraction and analysis of phenolics in food. **Journal of Chromatography A**, New York, v. 1054, n. 1-2, p. 95-111, 2004.

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.

OKTAVA, M.; GULCINI.; KUFREVIOGLU I. Determination of in vitro antioxidant activity of fennel (*Foeniculum vulgare*) seed extracts. **Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie** v. 36, p. 263–271, 2003.

OZON, R. T. **Análise da cadeia produtiva do feijão na região de União da Vitória – PR**. 2002. 124p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

PACHECO-PALENCIA, L. A.; HAWKEN, P.; TALCOTT, S. T. Phytochemical, antioxidant and pigment stability of açai (*Euterpe oleracea* Mart.) as affected by clarification, ascorbic acid fortification and storage. **Food Research International**, Essex, v. 40, n. 5, p. 620 – 628, 2007.

PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of solvent and certain food constituents on different antioxidant capacity assays. **Food Research International**, v. 39, n. 7, p. 791-800, 2006.

PERINA, E. F. **Qualidade tecnológica de grãos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) cultivados em diferentes ambientes**. 2008. 150 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura tropical e subtropical) – Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, 2008.

PETERSON, J.; DWYER, J. Flavonoids: dietary occurrence and biochemical activity. **Nutrition Research**, New York, v. 12, n. 18, p. 1995-2018, 1998.

PHILLIPS, R. D. et al. Utilization of cowpeas for human food. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 82, n. 2, p. 193-213, 2003.

PIEDADE, J. et al. Compostos fenólicos: capacidade antioxidante de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) biofortificado. In: REUNIÃO DE BIOFORTIFICAÇÃO NO BRASIL, 4., 2011, Teresina. **IV Reunião de Biofortificação no Brasil**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2011. v. 1.

PINHEIRO, E. M. **Caracterização química, poder antioxidante e efeito do cozimento de genótipos de feijão-caupi**. 2013. 65 f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Universidade Federal do Piauí, Piauí.

POEL, T. et al. Thermal inactivation of lectins and trypsin inhibitor activity during steam processing of dry beans (*Phaseolus vulgaris*) and effects on protein quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Oxford, v. 53, n. 2, p. 215-228, 1990.

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**, Apple Hill, v. 20, n. 1, p. 9-14, 1987.

RAMÍREZ-CÁRDENAS, L. **Biodisponibilidade de zinco e ferro, valor nutricional e funcional de diferentes cultivares de feijão comum submetidos a tratamentos domésticos**. 2006. 171 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

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

RAMÍREZ-CÁRDENAS, L.; ROSA, C. O. B.; COSTA, N. M. B. **Propriedades funcionais do feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.)**. In: COSTA, N. M. B.; ROSA, C. O. B. Alimentos funcionais: benefícios para a saúde. Viçosa, 2008. 298p.

RESENDE, O. **Variações das propriedades físicas e mecânicas e da qualidade de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) durante a secagem e armazenamento**. 2006. 180 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2006.

RIBEIRO, H. J. S. S. PRUDENCIO-FERREIRA, S. H.; MIYAGUI, D. T. Propriedades físicas e químicas de feijão comum preto, cultivar IAPAR 44, para envelhecimento acelerado. **Ciência Tecnologia Alimentos**, v. 25, n. 1, p. 165-169, 2005.

RIBEIRO, N. M. et al. Análise de constituintes químicos do feijão-de-corda (*Vigna unguiculata*). In: CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA, 5., 2010, Alagoas. **Anais...** Alagoas: Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica, 2010.

RIGUEIRA, R. J. A.; LACERDA FILHO, A. F.; VOLK, M. B. S. Avaliação da qualidade do feijão armazenado em ambiente refrigerado. **Alimentação e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 4, p. 649-655, out./dez. 2009.

RIOS, A. O.; ABREU, C. M. P.; CORRÊA, A. D. Efeito da estocagem e das condições de colheita sobre propriedades físicas, químicas e nutricionais de três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.23, p.39-45, 2003.

RIOS, S. A.; ALVES, K. R.; COSTA, N. M. B.; MARTINO, H. S. D. Biofortificação: culturas enriquecidas com micronutrientes pelo melhoramento genético. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 56, n. 6, p. 713-718, 2009.

ROCHA, M. de M. **O feijão-caupi para consumo na forma de feijão fresco**. 2009. Disponível em: <<http://agrosoft.com/pdf.php/?node=212374>>. Acesso em: dez. 2013.

ROCHA-GUZMÁN, N. E.; ANNETE, H.; GONZÁLEZ-LAREDO, R. F.; IBARRAPÉREZ, F. J.; ZAMBRANO-GALVÁN, G.; GALLEGOS-INFANTE, J. A. Antioxidant and antimutagenic activity of phenolic compounds in three different colour groups of common bean cultivars (*Phaseolus vulgaris*). **Food Chemistry**, v. 103, n. 2, p. 521–527, 2007.

RUFINO, M.S.M.; et al. **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH**. Comunicado Técnico. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Julho, 2007.

S. R. R. Estimativas de parâmetros genéticos em genótipos de feijão-caupi avaliados para feijão fresco. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 2, p. 253-258, 2010.

SANTANA, G. A.; RÊGO JÚNIOR, N. O.; SILVA, M. V. Avaliação quantitativa de compostos bioativos em feijões. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 25, n. 194-195, p. 1-2, 2011. Encarte.

SANTOS, G. M. dos; MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M. de; COSTA, J. M. C. da C.; FIGUEIREDO, R. W. de; PRADO, G. M. do. Correlação entre atividade antioxidante e compostos bioativos de polpas comerciais de açaí (*Euterpe oleracea* Mart). **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**. v. 58, n. 2, p. 187-192, 2008.

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

SGARBIERI, V.C. **Proteínas em alimentos protéicos: propriedades-degradações-modificações**. São Paulo: Varela, 1996, 517p.

SIDDHURAJU, P.; BECKER, K. The antioxidant and free radical scavenging activities of processed cowpea (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) seed extracts. **Food Chemistry**, v. 101, n. 1, p. 10-19, 2007.

SILLOCHI, R. M. H. Q.; VEITH, M. R.; HENNING, K.; MACHADO, S. R. C. Métodos para Determinação de Textura, Fibra Bruta, pH e Acidez Titulável em Feijão Branco (*Phaseolus vulgaris* L.). In: ENCONTRO DE SEGURANÇA ALIMENTAR, 1, 2013, Francisco Beltrão. **Anais...** Francisco Beltrão: Unioeste, 2013.

SILVA, A. G.; ROCHA, L. C.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Caracterização físico-química, digestibilidade proteica e atividade antioxidante de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Alimentos e Nutrição**. Araraquara, v. 20, n. 4, p. 591-598, 2009.

SILVA, C. R. de M.; NAVES, M. M. V. Suplementação de vitaminas na prevenção de câncer. **Revista de Nutrição**. Campinas, v. 14 n. 2, maio/ago., 2001.

SILVA, F. A. S. **ASSISTAT 7.7**. UFCG, Campina Grande, 2013.

SILVA, S. M. S.; MAIA, J. M.; ARAÚJO, Z. B.; FREIRE FILHO, F. R. **Composição química de 45 genótipos de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. (Walp.))**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2002. 2p. (Embrapa Meio-Norte. Comunicado Técnico, 149).

SILVA, S.Z. **Resistência e qualidade tecnológica de cultivares de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) a *Callosobruchus maculatus* (Fabr.) (Coleoptera: Bruchidae)**. 2011. 80 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola/Sistemas Agroindustriais) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2011.

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

SIMPLÍCIO, A. P. M. **Desenvolvimento de pão integral enriquecido com farinha de cultivares de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**. 2013. 61 f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Universidade Federal do Piauí, Teresina-PI.

SINGH, B. B.; EHLERS, J. D.; SHARMA, B.; FREIRE FILHO, F. R. Recent progress in cowpea breeding. In: FATOKUN, C. A.; TARAWALI, B. B.; SINGH, P. M.; KORMAWA, P. M.; TAMO, M. (Ed.). **Challenges and opportunities for enhancing sustainable cowpea production**. Ibadan: IITA, 2002, p. 22-40.

SMIRNOFF, N. Ascorbic acid: metabolism and functions of a multifaceted molecule. **Current Opinion in Plant Biology** 3: 229–235. 2000.

SOARES, A. A.; SOUZA, C. G. de; DANIEL, G. P. F.; COSTA, S. M. G. da; PERALTA, R. M.. Antioxidant activity and total phenolic content of *Agaricus brasiliensis* (*Agaricus blazei* Murril) in two stages of maturity. **Food Chemistry** v. 112, p. 775–781, 2009.

SOARES, S. E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição da PUCAMP**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 71-81, 2002.

SOBRATTEE, M. A. et al. Phenolics as potential antioxidant therapeutic agents: mechanism and actions. **Mutation Research**, [S.l.], v. 579, p. 200-213, 2005.

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

SREERAMA, Y. N.; SASHIKALA, V. B.; PRATAPE, V. M. Phenolic compounds in cowpea and horse gram flours in comparison to chickpea flour: Evaluation of their

antioxidant and enzyme inhibitory properties associated with hyperglycemia and hypertension. **Food Chemistry**, v. 133, n. 1, p. 156-162, 2012.

STRINGHETA, P. C. **Identificação da estrutura e estudo da estabilidade das antocianinas extraídas da inflorescência 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.

TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS – TACO. Unicamp, Campinas, 2011. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/nepa/taco/contar/taco4edicaoampliadaerevisada>>. Acesso em 17 jun. 2014.

TOLEDO, M. Z.; FONSECA, N. R.; CÉSAR, M. L.; SORATTO, R. P.; CAVARIANI, C.; CRUSCIOL, C. A. C. Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de feijão em função da aplicação tardia de nitrogênio em cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 2, p. 124-133, 2009.

TOLEDO, T.C.F.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G. Avaliação química e nutricional de feijão carioca (*Phaseolus vulgaris* L.) cozido por diferentes métodos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos** 28, 355-360, 2008.

USP, UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Faculdade de Ciências Farmacêuticas. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. 2008. Disponível em: <http://www.fcf.usp.br/tabela/index.asp>. Acesso em: 27 nov. 2014.

VALDÊS, S. T. **O efeito de genótipos de feijão e das formas usuais de preparo sobre a atividade antioxidante e a composição nutricional**. 2010. 101 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

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.

VAN DER POEL, A. F. B. Effect of processing on ant nutritional factors and protein nutritional value of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). A review. **Animal Feed Science and Technology**, v.29, n.3-4, p. 179-208, 1990.

VOLDEN, J. et al. Effect of thermal treatment on glucosinolates and antioxidant-related parameters in red cabbage (*Brassica oleracea* L. ssp. *Capitata* f. *rubra*). **Food Chemistry**, Oxford, v. 109, p. 595-605, 2008.

WADA, M. et al. Chemiluminescent screening of quenching effects of natural colorants against reactive oxygen species: evaluation of grape seed, monascus, gardênia and red radish extracts as multi-functional food additives. **Food Chemistry**, Oxford, v. 101, p. 980-986, 2007.

WASSIMI, N.N.; HOSFIELD, G.L.; UEBERSAX, M.A. Combining ability of tannin content and protein characteristics of raw and cooked dry beans. **Crop Science**, Madison, v.28, n.3, p.452-458, 1988.

WATERHOUSE, A. Folin-ciocalteau micro method for total phenol in wine. **American Journal of Enology and Viticulture**, p. 3-5, 2006.

WROLSTAD, R. E.; DURST, R. W.; LEE, J. Tracking color and pigment changes in anthocyanin products. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 16, p. 423-428, 2005.

XU, B.; CHANG, S. K. C. Reduction of ant proliferative capacities, cell-based antioxidant capacities and phytochemical contents of common beans and soybeans upon thermal processing. **Food Chemistry**, v. 129, n. 3, p. 974-981, 2011.

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 of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, n. 11, p. 4754-4764, 2009.

YANG, R.; LIN, S.; KUO, G. Content and distribution of flavonoids among 91 edible plant species. **Asian Pacific Journal of Clinical Nutrition**, v. 17, supp. 1, p. 275-279, 2008.

YEMM, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. **Biochemical Journal**, v. 57, p.508-515, 1954.

YILDIRIM, A.; MAVI, A.; KARA, A. A. Determination of antioxidant and antimicrobial activities of *Rumex crispus* L. extracts. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 49, p. 4083-4089, 2001.

YOKOYAMA, L. P.; STONE, L. F. **Cultura do feijoeiro no Brasil**: características da produção. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 75 p.

ZAMINDAR, N.; BAGHEKHANDAN, M. S.; NASIRPOUR, A.; SHEIKHZEINODDIN, M. Effect of line, soaking and cooking time on water absorption, texture and splitting of red kidney beans. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v. 48, n. 1, p. 1-7, 2011.