

## COMPOSIÇÃO CENTESIMAL E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.)

DOI 10.5281/zenodo.8165129

Gabriela Nascimento de Lima Mota Santos<sup>1</sup>

Débora Maria Moreno Luzia<sup>2\*</sup>

Vera Lúcia da Silva Farias<sup>3</sup>

### RESUMO

No presente trabalho foram avaliados a composição química centesimal e os compostos antioxidantes presentes em grãos de feijão cultivados em sistema de produção convencional, por produtores da Agricultura Familiar, localizada no Triângulo Mineiro. Os objetivos foram analisar a composição centesimal, os compostos fenólicos totais pelo método de *Folin-Ciocalteu* e determinar a capacidade antioxidante *in vitro* pela redução do radical livre DPPH dos grãos submetidos a diferentes tratamentos térmicos. Para isso, os grãos foram adquiridos entre os meses de junho e julho de 2016 e, em seguida, foram selecionados, após homogeneizados e armazenados à temperatura ambiente, em recipientes plásticos vedados com tampas de rosca e devidamente rotulado, até o momento da realização dos tratamentos térmicos e análises. Com este projeto de pesquisa, conclui-se que os grãos de feijão apresentam boa qualidade nutricional e antioxidante, a fim de apresentar efeitos positivos na saúde humana, diminuindo a incidência de enfermidades e, com isso, prolongar a expectativa de vida da população.

**Palavras-chave:** Compostos fenólicos, DPPH, antioxidantes.

## CENTIMAL COMPOSITION AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF BEAN (*Phaseolus vulgaris* L.)

### ABSTRACT

---

<sup>1</sup>Graduanda em Tecnologia em Alimentos pela Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG; Email: gabriela-nmota@hotmail.com/ Endereço para acessar este CV: <http://lattes.cnpq.br/0360997917068553>  
ID Lattes: 0360997917068553.

<sup>2\*</sup>Docente - Universidade do Estado de Minas Gerais - UEMG e UNIESP S.A. Doutorado em Engenharia e Ciência dos Alimentos; Graduação em Nutrição; Endereço: Rua Lavras, 803 - Bairro Muarama, Passos/MG; Email: debora.luzia@uemg.br / debora.luzia@uniesp.edu.br; ORCID 0000-0003-1970-5855

<sup>3</sup>Docente- Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG; Doutorado em Agronomia-Ciência do Solo; Graduação em Biologia e Geografia; Endereço: Rua Olavio Ribeiro Cortes, 58 – Bairro Jardim das Laranjeiras Frutal/MG; Email: vera.farias@uemg.br; telefone: (34) 99114- 1699. Orcid: 000-0003-3203-5059

In the present study, the proximate chemical composition and antioxidant compounds present in beans grown in a conventional production system by Family Agriculture producers located in the Triângulo Mineiro region were evaluated. The objectives were to analyze the proximate composition, total phenolic compounds using the Folin-Ciocalteu method, and to determine the in vitro antioxidant capacity by reducing the DPPH free radical of the beans subjected to different heat treatments. For this purpose, the beans were acquired between June and July 2016 and then selected, homogenized, and stored at room temperature in sealed plastic containers with screw caps and properly labeled until the time of heat treatment and analysis. This research project concluded that the beans have good nutritional and antioxidant quality, aiming to have positive effects on human health by reducing the incidence of diseases and thereby prolonging the life expectancy of the population.

**Keywords:** Phenolic compounds, DPPH, antioxidants.

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil e a América Latina apresentam um grande potencial a ser explorado em relação aos compostos antioxidantes. A biodiversidade existente no Brasil oferece perspectivas a longo prazo no desenvolvimento de funcionais, dependendo este de questões econômicas, de informação do consumidor, da legislação e dos investimentos em pesquisa.

Essas informações são de grande valia, uma vez que esses alimentos desempenham funções importantes no organismo humano e animal. Por outro lado, o conhecimento do conteúdo de alguns constituintes, como os minerais e as vitaminas, também tem se tornado uma importante preocupação dos profissionais da área de saúde e da ciência de alimentos, estendendo-se até ao consumidor, que cada vez mais se interessa em consumir alimentos que promovam a melhoria da qualidade de vida.

Entre esses compostos o feijão é uma fonte rica de antioxidantes, sendo considerado por muito tempo no Brasil como o alimento básico para a população, tanto nas áreas rurais quanto urbanas. Provê quantidades significativas de proteínas, calorias, ácidos graxos essenciais, fibra alimentar, especialmente fibra solúvel e, é uma excelente fonte de minerais e vitaminas.

Desta forma, o estudo sobre a qualidade nutricional de grãos de feijão cultivados pela Agricultura Familiar tem despertado interesse dos pesquisadores, visando o melhor aproveitamento deste produto na alimentação humana. Assim, o

presente trabalho teve como objetivo analisar a composição centesimal, os compostos fenólicos totais pelo método de Folin-Ciocalteu e determinar a capacidade antioxidante *in vitro* pela redução do radical livre DPPH dos grãos submetidos a diferentes tratamentos térmicos.

## **2. DESENVOLVIMENTO**

### **2.1. Feijão - Panorama Mundial**

A produção mundial de feijão aumentou 59,1% no período compreendido entre 1961 e 2005. Os cinco principais países de maior produção de feijão são o Brasil, a China, a Índia, a Birmânia e o México, representando mais de 65% da produção mundial. Burundi e Ruanda são os países com maior densidade de produção, 7,91 e 7,58 t/km<sup>2</sup>, respectivamente. Os principais países exportadores são a China, os EUA, a Birmânia, o Canadá e a Argentina, sendo responsáveis por 73,5% do total exportado e, Índia, EUA, Cuba, Japão e Reino Unido são os principais países importadores de feijão (WANDER et al., 2007).

Como o arroz, o feijão é parte da cesta básica dos brasileiros. O feijão tem uma taxa anual projetada de aumento da produção de 0,9% e consumo ao redor de 1,1% ao ano, para o período 2010/2011 a 2020/2021. O consumo médio anual do feijão tem sido de 3,5 milhões de toneladas, exigindo pequenas quantidades de importação. As projeções de produção e consumo indicam que pode haver alguma importação de feijão nos próximos anos. Porém, a magnitude dos números de importação, entre 150 e 200 mil toneladas nos próximos anos corresponde a mais do que se tem importado no Brasil em anos recentes (CONAB, 2015).

Na América Latina, as leguminosas suprem quantidades significativas de energia e proteína para grande parte da população. O consumo do feijão comum é relativamente alto, principalmente entre pessoas com escassos recursos, nas quais geralmente se encontra a desnutrição em graus variáveis (WELCH et al., 2000). No Brasil, o feijão é amplamente consumido, apesar do consumo *per capita* ter caído de 19 kg/hab/ano na década de 90 para 16 kg/hab/ano na presente década, possivelmente pelo processo de urbanização e mudanças nos hábitos alimentares (WANDER et al., 2007).

### **2.2. Classificação e Botânica**

O feijão comum, pertence à classe Dicotyledoneae, família Leguminosae, subfamília Papilionoidae e gênero *Phaseolus*. O gênero *Phaseolus* compreende todas as espécies conhecidas como feijão, sendo a *Phaseolus vulgaris* L. a mais conhecida e a que possui inúmeras variedades tais como Ouro Branco, Pérola, BRS Radiante, Timbó, BRS Valente, Diamante Negro, etc. No Brasil, essas variedades de feijão estão presentes na culinária dos vinte e sete Estados do país, consumidas, principalmente, junto com o arroz, mas também com as carnes, na forma de sopas, caldos, baião de dois, acarajé, feijão-tropeiro, salada, guisado, ensopado, feijoada, tutu à mineira e em outros pratos típicos de cada região. Em países orientais, o feijão utilizado é o da variedade Adzuki, pertencente à espécie *P. angularis*. Já na África e Ásia a variedade Lima das espécies *P. lunatos* e *P. limenses* é a mais consumida pela população (KANAMORI; IKEUCHI; KOTARU, 1982; PROLLA, 2006).

É uma planta herbácea, trepadeira ou rasteira, levemente pubescente, cujo ciclo de vida varia de aproximadamente 65 a 120 dias, dependendo da cultivar e das condições da época de cultivo. Pode apresentar quatro tipos de hábito de crescimento, sendo um tipo denominado “determinado” e os outros três definidos como “indeterminados”. Ostenta vagens retas ou ligeiramente curvas, achatadas ou arredondadas, com bico reto ou curvado, em geral com 9 a 12 cm de comprimento, e com 3 a 7 sementes (PROLLA, 2006).

No feijão são reconhecidas três partes distintas: tegumento, cotilédone e eixo embrionário (DUEÑAS; HERNANDEZ; ESTRELLA, 2006). A parte mais importante em termos de peso é o cotilédone. Este contém proteínas e carboidratos, enquanto que o revestimento (tegumento) da semente contém a maior concentração de compostos fenólicos. O grão de feijão pode apresentar diversas formas (arredondada, elíptica ou reniforme), com tamanhos variáveis e uma ampla variabilidade de cores (branca, creme, vermelha, preta, rosa, roxa, alaranjada entre outras), dependendo da cultivar.

### **2.3. Composição Nutricional**

Dos alimentos vegetais mais ricos em proteínas estão as leguminosas. Quando cozidas, contêm de 6 a 11% de proteínas. Dentre as leguminosas estão

incluídas o feijão e também a lentilha, a ervilha seca, a fava, o tremoço, a soja e o grão-de-bico. O feijão contém ainda carboidratos complexos e é rico em fibras alimentares, vitaminas do complexo B, ferro, cálcio, outros minerais, e constituintes bioativos. O conteúdo de lipídios encontrados no feijão é muito baixo, variando de 0,8 a 1,5%, podendo oscilar de acordo com a variedade, origem, localização, clima, condições ambientais e tipo de solo onde são cultivados (GEIL; ANDERSON, 1994).

Normalmente, o feijão é preparado e cozido a partir de sua forma seca, retendo grande parte de seus nutrientes originais. Embora o feijão seja rico em ferro, esse nutriente é menos biodisponível que o fornecido por alimentos de origem animal, como carnes, entretanto, para aumentar a utilização biológica desse mineral, recomenda-se o consumo concomitante de alimentos ricos em vitamina C proveniente das frutas cítricas e verduras (HALLBERG et al., 1993).

Segundo estudo realizado por Ramírez-Cárdenas, Leonel e Costa (2008), o feijão apresenta um conteúdo elevado de minerais como ferro, zinco, cálcio, cobre e manganês e vitaminas como: C (8,93 mg/100 g), B1 (0,56 mg/100 g), B2 (0,24 mg/100 g), B3 (1,76 mg/100 g), B6 (0,34 mg/100 g), K (16,71 mg/100 g), A (0,21 mg/100 g) e E (0,82 mg/100 g) (USDA, 2010). Além disso, apresenta elevadas quantidades de ácidos graxos essenciais, linoleico (C18:3 n-6) e  $\alpha$ -linolênico (C18:3 n-3), que variam de 45 a 72%, dependendo da variedade (GARCIA; HERNANDEZ; LOZANO, 2000; RYAN et al., 2007; YOSHIDA et al., 2009).

Apesar das vantagens, o feijão apresenta algumas características indesejáveis que tendem a limitar sua aceitabilidade ou seu valor nutricional, tais como o fenômeno *hard-to-cook* ou “difícil de cozinhar” e a presença de fatores antinutricionais como os taninos e fitatos. O *hard-to-cook* afeta a qualidade e a aceitabilidade do feijão, pois com o endurecimento dos grãos, aumenta-se o tempo de cocção e, conseqüentemente, ocorre redução de sua palatabilidade e qualidade nutricional (RIBEIRO; PRUDENCIO-FERREIRA; MIYAGUI, 2005). Já, a ação antinutricional está baseada na capacidade de formar complexos insolúveis com minerais, proteínas e amidos biologicamente indisponíveis para seres humanos em condições fisiológicas normais (MARTINEZ-DOMINGUEZ; IBAÑEZ; RINCÓN, 2002; REYES-MORENO; PAREDEZ-LÓPEZ, 1993).

#### **2.4. Influência de Tratamentos Térmicos nas Propriedades do Feijão**

A maceração do feijão, prévia ao cozimento, conhecida como “demolhar” ou “colocar de molho” é uma prática utilizada frequentemente para amolecer o feijão e antecipar o seu processo de cozimento (TOLEDO; CANNIATTI-BRAZACA, 2008).

O tempo de cozimento diminui à medida que aumenta o tempo de maceração, no entanto, a maioria dos macro e micronutrientes, principalmente minerais e vitaminas são perdidas durante este processo (REHMAN; SHAH, 2004). O cozimento do feijão sem a água de maceração, influência também no teor de compostos fenólicos, provocando uma redução no seu teor (RAMÍREZ-CÁRDENAS; LEONEL; COSTA, 2008; GRANITO; PAOLINI; PEREZ, 2008).

Toledo e Canniatti-Brazaca (2008) avaliaram alguns métodos de cozimento: cozimento em micro-ondas, em panela de pressão e em panela normal, com e sem prévia maceração. Concluíram que a ausência de maceração provoca um aumento no tempo de cozimento, levando a uma inativação mais efetiva dos taninos. O cozimento em micro-ondas preservou a disponibilidade dos aminoácidos lisina e metionina e, apresentou valores superiores de fibras insolúveis relativamente aos métodos restantes. O teor de fibra solúvel foi superior nas amostras maceradas quando a água de maceração foi utilizada e quando o cozimento foi efetuado em panelas, normal e de pressão. Quando a água de cozimento foi desprezada ocorreu uma diminuição no teor de fibras totais para todos os tipos de cozimento.

Bennink e Barret (2004) realizaram estudo visando quantificar o teor fenólico na água de cozimento e no feijão após o cozimento. Observou-se que no feijão existe uma grande quantidade de compostos fenólicos, no entanto, mais de 50% desses compostos são transferidos para a água de cozimento.

De acordo com o estudo realizado por Garcia, Hernandez e Lozano (2000), empregando tratamentos com calor em grãos de feijão verde, obteve-se um aumento no conteúdo de ácidos graxos, com predominância do ácido  $\alpha$ -linolênico, cujos valores foram de 24,21% para o feijão cru, 33,40% para o cozimento em pressão, 41,28% em vapor, 41,50% sob fervura e de 44,30% em micro-ondas. Os autores concluíram que os tratamentos térmicos inibem a lipase, causando uma queda acentuada na lipoxigenase.

Mechi, Canniatti-Brazaca e Arthur (2005) estudaram a avaliação química, nutricional e fatores antinutricionais do feijão preto irradiado, e detectaram que em grãos irradiados de feijão preto, crus e cozidos não houve alteração no teor de ferro e foi possível detectar uma diminuição na quantidade de ácido fítico, conforme o aumento da irradiação.

## 2.5. Antioxidantes

Biologicamente, os antioxidantes podem ser denominados como substâncias sintéticas ou naturais, adicionadas aos produtos para prevenir ou retardar sua deterioração pela ação do oxigênio do ar. E bioquimicamente, os antioxidantes são designados de enzimas ou outras substâncias orgânicas, como vitamina E, capazes de amenizar os efeitos nocivos da oxidação em tecidos (HUANG; OU; PRIOR, 2005; PODSEDEK, 2007). Os mais utilizados na indústria de alimentos são os sintéticos: butil-hidroxianisol (BHA), butil-hidroxitolueno (BHT), terc-butilhidroquinona (TBHQ) e galato de propila (GP). O uso destes é restrito, devido a possíveis riscos à saúde humana.

Existem diversos métodos para a extração dos compostos antioxidantes em vegetais. Dentre esses, podem ser citados os métodos tradicionais de extração utilizando solventes orgânicos (como água, etanol, éter e metanol) e a extração supercrítica com o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Sob o ponto de vista químico, não há como selecionar a metodologia mais eficiente para a extração desses compostos que podem sofrer a influência de diversos fatores, por exemplo, a natureza do vegetal, o solvente empregado na extração, o tamanho das partículas, o tempo e a temperatura de extração (SUHAJ, 2006).

Desta forma, os métodos mais comumente utilizados para avaliar a capacidade antioxidante em vegetais são os que envolvem a medida do desaparecimento de radicais livres coloridos, por meio de espectrofotometria, tais como sistema do  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico (DUARTE-ALMEIDA et al., 2006; SUN; POWERS; TANG, 2007); *2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl* (DPPH•) (NAIR; PANNEERSELVAM; GOPI, 2012; SOUZA et al., 2014); *ferric-reducing antioxidant power* (FRAP) (HUANG; OU; PRIOR, 2005; WANG et al., 2012) ; *2,2- azino-bis-(3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulfonic acid)* (ABTS••) (ZHOU; YU 2006; MAJER; HIDEG,

2012); *Oxygen radical absorbanc capacity* (ORAC) (BARNES; BROOKS; PAINTER, 2011). Essas metodologias vêm sendo bastante utilizadas na determinação da capacidade antioxidante de alimentos e produtos naturais devido à sua relativa simplicidade, rapidez e sensibilidade (SUCUPIRA et al., 2012).

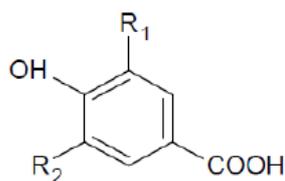
O interesse no papel dos antioxidantes na saúde humana levou a pesquisa nas áreas de horticultura e ciência dos alimentos para avaliar frutas e verduras antioxidantes, tais como ascorbato, carotenoides, tocoferóis e compostos fenólicos, e para determinar como o seu conteúdo e atividade pode ser mantida ou ainda melhorada através de desenvolvimento de cultivares, práticas de produção, armazenamento pós-colheita e processamento de alimentos (KALT et al., 1999).

## 2.6. Compostos Fenólicos

Compostos fenólicos ou polifenóis constituem um numeroso e amplamente distribuído grupo de compostos do metabolismo secundário de plantas, com mais de 8.000 estruturas atualmente conhecidas. Embora apresentem estruturas bastante variadas, os compostos fenólicos são classificados em dois grandes grupos: os flavonoides e os não flavonoides.

O grupo dos flavonoides é formado pelas antocianinas e antoxantinas, enquanto que o grupo dos não flavonoides engloba os ácidos fenólicos e os estilbenos (BURNS et al., 2000). Na Figura 1 estão representadas as estruturas químicas de alguns ácidos fenólicos.

**Figura 1** - Estruturas químicas dos principais fenólicos derivados do ácido benzoico (a) e ácido cinâmico (b).



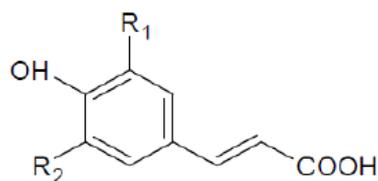
(a)

Ácido *p*-hidroxibenzoico:  $R_1 = R_2 = H$

Ácido vanílico:  $R_1 = CH_3O$ ,  $R_2 = H$

Ácido siríngico:  $R_1 = R_2 = CH_3O$

Ácido gálico:  $R_1 = R_2 = OH$



(b)

Ácido *p*-cumárico:  $R_1 = R_2 = H$

Ácido cafeico:  $R_1 = H$ ,  $R_2 = OH$

Ácido ferúlico:  $R_1 = CH_3O$ ,  $R_2 = H$

Ácido sinápico:  $R_1 = R_2 = CH_3O$

Fonte: Autores (2016).

Os compostos fenólicos, em geral, existem naturalmente numa grande variedade de alimentos de origem vegetal como frutas, legumes, sementes, flores e folhas e fazem parte integral da dieta humana (ROSS; KASUM, 2002). Contudo, frutas normalmente são mais ricas em fenólicos que hortaliças, com conteúdo total de até 1-2 g/100 g de fruta fresca (YANG et al., 2001). A quantidade de compostos fenólicos em cada alimento é imensamente variável, mesmo entre cultivares de mesma espécie.

A atividade antioxidante dos compostos fenólicos é de interesse nutricional, uma vez que tem sido associada à potencialização de efeitos promotores da saúde humana pela prevenção de várias doenças, como doenças cardiovasculares, diabetes, envelhecimento precoce, câncer, artrite, entre outras (GIADA; MANCINI FILHO, 2006).

Os flavonoides exibem uma grande variedade de efeitos biológicos, incluindo ação antibacteriana, antiviral, anti-inflamatória, antialérgica, vasodilatadora, antihiperproliferativa, antidiarreica, antiúlcera, antiestrogênica e antioxidante (CHANG et al., 1993; ROSS; KASUM, 2002). Além disto, inibem, *in vitro*, a lipoperoxidação, a agregação plaquetária, a permeabilidade e a fragilidade capilar (CHANG et al., 1993). Devido, principalmente a atividade antioxidante e antitrombótica, a ingestão de flavonoides tem sido associada à diminuição no risco de mortalidade por doenças coronarianas (ROSS; KASUM, 2002).

No Brasil, ainda não existe uma recomendação diária para o consumo de compostos fenólicos. Entretanto, pesquisa realizada por Vaccari, Soccol e Ide (2009) revelou que a ação antioxidante, mecanismos antiplaquetários, anti-inflamatórios e vasodilatadores são atribuídos aos compostos fenólicos do vinho. Segundo estes autores, o consumo de 300 mL de vinho tinto/dia aumentou significativamente a capacidade antioxidante do plasma sanguíneo quatro horas após sua ingestão. Além disso, o vinho tinto melhorou o balanço entre o LDLc (Fração de colesterol de lipoproteína de baixa densidade) e o HDLc (Fração de colesterol de lipoproteína de alta densidade), o que induz a uma melhor proteção vascular.

### **3. METODOLOGIA**

#### **3.1. Material**

O projeto foi conduzido no Laboratório de Análises Físico-Química da Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG, unidade Frutal-MG. A matéria-prima utilizada foi o Feijão Pérola, popularmente conhecido como carioca, cultivado em sistema de produção convencional, por produtores da Agricultura Familiar, localizada no Triângulo Mineiro.

Foram adquiridos, 1.500 g de amostras, entre os meses de junho e julho de 2016. Em seguida, os grãos de feijão foram selecionados, após homogeneizados e armazenados à temperatura ambiente, em recipientes plásticos vedados com tampas de rosca e devidamente rotulado, para análises posteriores.

#### **3.2. Tratamentos térmicos**

Os grãos de feijão foram submetidos aos seguintes tratamentos térmicos:

- Feijão cru (Controle), moído em microprocessador e peneirado (20 *mesh*) até a obtenção de um pó homogêneo;
- Feijão cozido com maceração (FCCM), na proporção de feijão:água (1:2, p/v) por 5 horas à temperatura ambiente e posteriormente cozido com a água de maceração, em panela de pressão, durante 20 minutos;
- Feijão cozido sem maceração (FCSM), na proporção de feijão:água (1:2, p/v) cozido com a água, em panela de pressão, durante 20 minutos;

Em seguida, os feijões cozidos foram secos, juntamente com o caldo de

cocção, em estufa com circulação de ar forçada por 24 horas a 60°C, sendo posteriormente moído em microprocessador e peneirados (20 mesh) até a obtenção de um pó homogêneo.

Os grãos de feijão, em pó, foram armazenados à temperatura ambiente em recipientes plásticos vedados com tampas de rosca e devidamente rotulados, até o momento das análises.

### 3.3. Determinações analíticas

#### 3.3.1. Composição química centesimal do feijão

- *Umidade*, foi realizada em estufa a vácuo a 70°C com pesagem a cada 2 horas, até a obtenção de peso constante, segundo o método Ca 2d-25 da *American Oil Chemists Society* (AOCS, 2009);
- *Lipídios*, foram determinados por extração com éter de petróleo a 40-60°C utilizando extrator Soxhlet por 5 horas, de acordo com o método Ba 3-38 da AOCS (2009);
- *Proteínas*, foram obtidas por meio da análise de Kjeldahl, sendo o teor de proteínas totais, expresso em %, utilizando fator 6,25, segundo método 984.13 da *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2005);
- *Cinzas*, por calcinação a 550°C de acordo com o método Ba 5a-49 da AOCS (1993);
- *Carboidratos totais*, foram obtidos por diferença, subtraindo-se de 100 as porcentagens de umidade, lipídios, proteínas e cinzas;
- *Valor calórico*, calculado utilizando fator de correção de 9 kcal/g para lipídios, e 4 kcal/g para os teores de proteínas e carboidratos, segundo o método de Merrill e Watt (1973).

#### 3.3.2. Atividade antioxidante do feijão

As análises citadas abaixo foram determinadas por espectrofotometria em UV-Vis:

- *Compostos fenólicos totais*, foi determinado por meio do reagente Folin-Ciocalteu, segundo a metodologia descrita por Singleton e Rossi (1965). Neste procedimento, utilizou 100 µL da solução de extrato metanólico, em tubos de

ensaio e adicionou 500 µL do reagente Folin-Ciocalteu, 1,5 mL de solução saturada de carbonato de sódio 20% e 6 mL de água destilada. Essa mistura permaneceu em repouso por 2 horas em temperatura ambiente e a absorbância determinada a 765 nm. Para quantificação foi gerada uma curva de calibração utilizando ácido gálico como padrão, em concentrações de 0 a 500 mg/L, nas mesmas condições descritas acima. A equação da curva de calibração obtida foi  $y = 0,0017x + 0,0127$  com coeficiente de determinação de 0,9995. Os teores de compostos fenólicos totais foram expressos como mg de equivalentes de ácido gálico por grama de amostra (mg EAG/g);

- **DPPH**, este procedimento foi descrito por Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995). Utilizou-se uma concentração de 500 µg/mL de extrato metanólico. Em cada amostra desta solução (0,3 mL) foi adicionada a 2,7 mL de solução de DPPH (40 µg/mL) em diferentes concentrações (5, 10, 25, 50, 125 e 250 µg/mL). Após o tempo de reação de 30 minutos, a absorbância foi lida em 515 nm e convertida em porcentagem de atividade antioxidante (AA) por meio da seguinte fórmula:  $AA (\%) = 100 - \{[(Abs_{amostra} - Abs_{branco}) \times 100] / Abs_{controle}\}$ . Um controle foi feito com 2,7 mL de DPPH e o branco realizado com 0,3 mL de solução metanólica do extrato e 2,7 mL de metanol, para cada concentração.

### 3.4. Análise estatística

Os resultados obtidos das determinações analíticas, em triplicata, foram submetidos à análise de variância e as diferenças entre as médias serão testadas a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, através do programa ASSISTAT, versão 7.7 beta.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Composição química centesimal

A composição química centesimal exprime, de forma geral, o valor nutritivo de um alimento e corresponde a proporção dos grupos homogêneos de substâncias presentes em 100 g do alimento considerado. Os grupos de substâncias considerados homogêneos são os componentes intrínsecos constituintes dos

alimentos, a saber: umidade, lipídios ou extrato etéreo, proteínas, cinzas e carboidratos totais.

A composição química centesimal e o valor calórico dos grãos de feijão em estudo estão apresentados na Tabela 1. Como observado na tabela, todos os constituintes diferiram significativamente ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

**Tabela 1** - Composição química centesimal e valor calórico dos grãos de feijão *in natura* e submetidos a tratamentos térmicos, em base seca.

Constituintes (%)*	Controle	FCCM	FCSM
Umidade	8,44 ± 0,62 <sup>a</sup>	1,66 ± 0,46 <sup>c</sup>	3,49 ± 0,13 <sup>b</sup>
Lipídios	1,10 ± 0,06 <sup>a</sup>	1,22 ± 0,08 <sup>a</sup>	1,20 ± 0,02 <sup>a</sup>
Proteínas	22,56 ± 0,94 <sup>b</sup>	23,93 ± 0,87 <sup>a</sup>	23,66 ± 0,53 <sup>a</sup>
Cinzas	0,96 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,83 ± 0,22 <sup>a</sup>	0,96 ± 0,03 <sup>b</sup>
Carboidratos Totais	66,94 ± 0,13 <sup>b</sup>	72,38 ± 0,11 <sup>a</sup>	66,62 ± 0,15 <sup>b</sup>
Valor Calórico (kcal/100 g)	367,90 ± 0,08 <sup>b</sup>	396,22 ± 0,09 <sup>a</sup>	371,92 ± 0,12 <sup>b</sup>

\* Médias ± desvios padrões das análises realizadas em triplicata seguidas pelas mesmas letras nas linhas não diferem pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ). FCCM: Feijão Cozido Com Maceração. FCSM: Feijão Cozido Sem Maceração.

De acordo com os resultados obtidos das determinações analíticas, os grãos de Feijão Cozido Com Maceração (FCCM) tiveram menor porcentagem de umidade (1,66%), enquanto que a maior porcentagem foi encontrada para o Feijão Cozido Sem Maceração (FCSM) 3,49%. Baixo teor de umidade é importante para manter a qualidade e vida de prateleira dos grãos, pois com a umidade baixa e, conseqüente baixa atividade de água se tem uma redução na probabilidade de crescimento microbiano, na fermentação injustificada, na germinação prematura e também em muitos processos bioquímicos indesejáveis. Os resultados do teor de umidade das sementes estudadas são consistentes com os relatados para as sementes de baru e pequi (SOUSA et al., 2011). Em estudo realizado por Herrera et al. (1998) obtiveram, para feijão carioca cru e cozido, os respectivos teores de umidade 12,3 e 12,1%, sendo a amostra do feijão cozido desidratado antes da análise.

As porcentagens de lipídios nos grãos de feijão foram bem similares para os três tratamentos em estudo de 1,10 a 1,22%. A quantidade de lipídios certificou que o processo de maceração/cocção com ou sem água praticamente não alterou o teor

( $p < 0,05$ ); conforme os valores encontrados para feijão cru (Controle), FCCM e FCSM. Segundo estudo os valores de até 1,2% de lipídios em feijões cru ou cozido são comuns (BRIGIDE; CANNIATTI-BRAZACA, 2011).

O teor de proteína encontrado para o Controle, FCCM e FCSM foram de 22,56 a 23,93%, com destaque para o FCCM. Este resultado indica que a água da maceração conserva os nutrientes presentes. Segundo estudos o conteúdo de proteínas de várias leguminosas varia de 18 a 32%. Maldonado e Sammám (2000) avaliaram feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) cru e cozido quanto ao teor proteico e encontraram, respectivamente, 23,33 e 28,16%.

O teor de cinzas (resíduo mineral fixo) indica a quantidade de minerais que a amostra possui, então, pode-se concluir que os grãos de feijão estudados apresentam boas fontes desses micronutrientes variando de 0,83 para o FCCM a 0,96% para o Controle e FCSM. Diferente dos demais constituintes (lipídios e proteínas) o teor de cinzas diminuiu após o cozimento com a água de maceração isso poderia ser explicado pela perda de minerais por difusão na água.

Os carboidratos, juntamente com as proteínas são um dos principais componentes de todos os feijões secos (SATHE, 2002). Neste estudo os carboidratos totais para os grãos de feijão variaram de 66,62% para o FCSM a 72,38% para o FCCM. Os valores obtidos mais uma vez indicam que a água da maceração conserva os macronutrientes presentes na amostra.

O feijão é um alimento rico em nutrientes, cujos resultados demonstram que o feijão em estudo fornece uma boa fonte de proteínas e carboidratos, com benefícios já mencionados anteriormente. É importante, ainda salientar que o custo de fontes proteicas de origem animal é bastante superior relativamente à produção de fontes de origem vegetal. Como também evidenciado, o teor de gordura do feijão é muito baixo e, como são de origem vegetal, são isentos de colesterol.

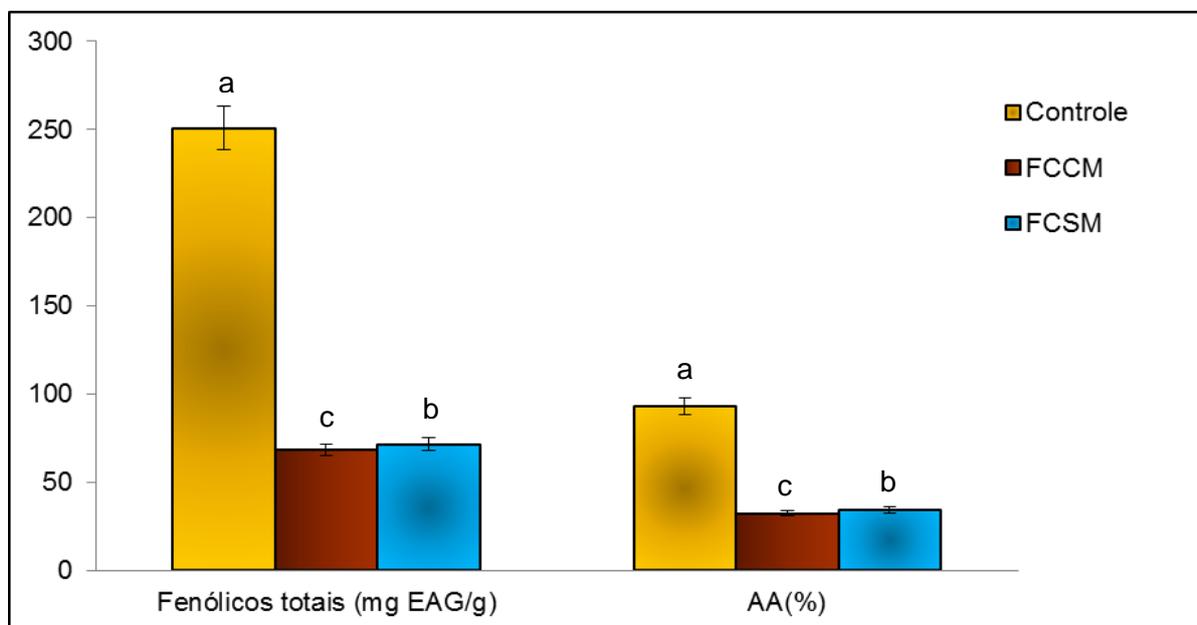
Desta forma, o feijão constitui na dieta humana um importante alimento na mesa do brasileiro com aporte energético, cujos valores encontrados variaram de 367,90 a 396,22 kcal/100 g. O valor calórico mais elevado identificado neste estudo foi para o tratamento térmico FCCM devido aos teores de proteína e carboidratos totais presentes nesta leguminosa.

## 4.2. Atividade antioxidante

A Figura 1 mostra os resultados das médias para fenólicos totais e atividade antioxidante dos grãos de feijão *in natura* e submetidos a tratamentos térmicos.

Os teores de fenólicos totais dos grãos de feijão exibiram quantidades relevantes de polifenóis, com destaque para o Controle que exibiu o mais elevado teor destes constituintes, seguido pelos tratamentos FCCM e FCSM, diferindo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ).

**Figura 1** - Fenólicos totais e atividade antioxidante de grãos de feijão *in natura* e submetidos a tratamentos térmicos.



\* Médias  $\pm$  desvios padrões das análises realizadas em triplicata seguidas pelas mesmas letras nas linhas não diferem pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ). FCCM: Feijão Cozido Com Maceração. FCSM: Feijão Cozido Sem Maceração. Fonte: Dados da pesquisa (2016).

Evidencia-se, portanto, que uma mistura de diferentes compostos fenólicos, com polaridade diversificada, encontra-se nos grãos de feijão, sendo a maior proporção destes constituintes solúvel em metanol.

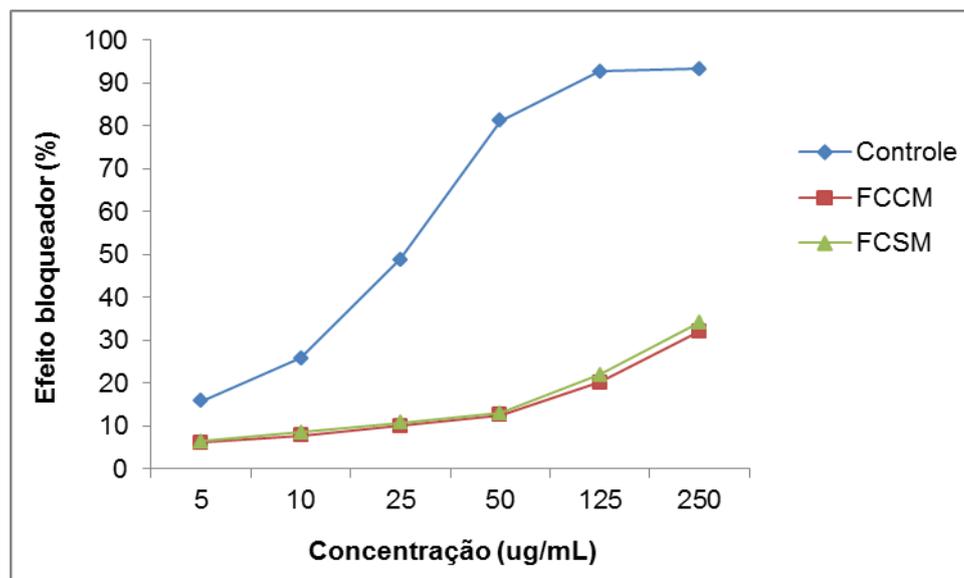
Os compostos fenólicos por ação das enzimas digestivas e/ou da flora intestinal podem ser liberados da matriz alimentar e atuarem como antioxidante. Assim, Pérez-Jiménez et al. (2008) sugerem que a extração dos polifenóis seja efetuada por solventes orgânico de polaridade diversificada, empregando pelo

menos dois ciclos de extração, de modo a considerar, também, a ação antioxidante dos compostos presentes no resíduo.

O potencial dos diferentes extratos de grãos de feijão em sequestrar radicais livres foi expresso em percentual de Atividade Antioxidante (AA) e os resultados descritos na Figura 1. No que se refere à capacidade antioxidante do extrato metanólico em grãos de feijão, evidencia-se que o(s) composto(s) ativo(s) presente(s) atua(m) como doador de hidrogênio ao radical, entretanto esta ação pode ser diferenciada entre diversas leguminosas. Para efeito de classificação, os grãos de feijão que exibiram capacidade de sequestro acima de 70% (Controle), entre 50 e 70% e abaixo de 50% (FCCM e FCSM) foram considerados como forte, moderada e fraca capacidade de sequestro, respectivamente.

Para melhor explicação da atividade antioxidante por meio do radical DPPH, a Figura 2 apresenta o poder antioxidante de grãos de feijão, em termos do efeito bloqueador de radicais DPPH, que aumentou à medida que a concentração de extrato também aumentou.

**Figura 2** - Valores do efeito bloqueador de radicais de DPPH obtidos para os extratos de grãos de feijão *in natura* e submetidos a tratamentos térmicos.



Fonte: Dados da pesquisa (2016).

Para os tratamentos térmicos, FCCM e FCSM, os dados obtidos apresentaram um efeito bloqueador similar para as diferentes concentrações. Foi

nestes dois tratamentos que se verificou um menor efeito antioxidante quando comparado ao Controle.

O Controle obteve um efeito bloqueador mais baixo até a concentração de 10 ug/mL e após houve um aumento significativo chegando a 93,39% de efeito bloqueador da atividade antioxidante.

De um modo geral, os tratamentos térmicos estudados apresentaram uma boa atividade antioxidante, estando de acordo com vários estudos que reportam o elevado contributo do feijão enquanto alimento bioativo, rico em antioxidantes. Este aspecto é importante na promoção da saúde e inclusão do feijão nas dietas com vista à redução de várias doenças crônicas.

Os resultados obtidos poderão servir de base para futuros trabalhos. A caracterização e conhecimento dos genes que controlam a formação de compostos fenólicos, assim como o conhecimento da sua atividade antioxidante ou efeito bloqueador permite aos pesquisadores desenvolver e selecionar variedades de feijão com maior atividade antioxidante e com isso, melhorar a qualidade nutricional da população brasileira, onde o prato mais consumido é o arroz com feijão.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Diante dos resultados obtidos é possível concluir que certamente os grãos de feijão constituem uma importante fonte de nutrientes, com destaque para a porcentagem de proteínas e carboidratos e, baixo teor de lipídios.

Os resultados também indicam boa atividade antioxidante exibida pelos grãos de feijão estudado podendo ser apontados como boas fontes de antioxidantes naturais que podem ser mais efetivas e econômicas do que o uso de suplementos dietéticos na proteção do organismo contra os danos oxidativos celulares.

Portanto, sendo o feijão um alimento rico em nutrientes e antioxidantes, já descritos como altamente benéficos para a saúde, e tendo em conta que parte destes compostos podem ou não ser eliminados para a água de maceração e cozedura é fundamental proceder ao seu aproveitamento e posterior reutilização. Assim, a água usada para macerar os feijões não deverá ser eliminada, mas reutilizada para a cozedura.

## 6. REFERÊNCIAS

AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY (AOCS). **Official and tentative methods of the American Oil Chemists' Society**: including additions and revisions. 6th ed. Champaign: AOCS Press, 2009.

ARNAO, M. B. Some methodological problems in the determination of antioxidant activity using chromogen radicals: a practical case. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 11, n. 11, p. 419-421, 2000.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official and tentative methods of the Association of Official Analytical Chemists International**. 18th ed. Maryland, 2005.

BARNES, J. L.; BROOKS, T. L.; PAINTER, J. E. Comparing raisins to 10 frequently consumed fruits using the New USDA oxygen radical absorbance capacity (ORAC) data: Antioxidant Compounds of Raisins. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 111, n. 9, p. A46, 2011.

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

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel – Wissenschaft Technologie**, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995.

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

BURNS, R. E. et al. Relationship among antioxidant activity, vasodilatation capacity, and phenolics content of red wines. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, n. 2, p. 220-230, 2000.

CHANG, W. S. et al. Inhibitory effects of flavonoids on xanthine oxidase. **Anticancer Research**, v. 13, p. 2165-2170, 1993.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em março de 2015.

DUARTE-ALMEIDA, J. M. et al. Avaliação da atividade antioxidante utilizando o sistema -caroteno/ácido linoléico e método de seqüestro de radicais DPPH. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 2, p. 446-452, 2006.

DUEÑAS, M.; HERNANDEZ, T.; ESTRELLA, I. Assessment of in vitro antioxidant capacity of the seed coat and the cotyledon of legumes in relation to their phenolic contents. **Food Chemistry**, v. 98, p. 95-103, 2006.

GARCIA, C. L. A.; HERNANDEZ, J. L.; LOZANO, J. S. Gas chromatographic determination of the fatty-acid content of heat-treated green beans. **Journal of Chromatography A**, v. 891, p. 367-370, 2000.

GEIL, P. B.; ANDERSON, J. W. Nutrition and health implications of dry beans: a review. **Journal of the American College of Nutrition**, v. 13, p. 549-558, 1994.

GIADA, M. L. R.; MANCINI FILHO, J. Importância dos compostos fenólicos da dieta na promoção da saúde humana. **UEPG Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 12, n. 4, p. 7-15, 2006.

GRANITO, M.; PAOLINI, M.; PEREZ, S. Polyphenols and antioxidant capacity of *Phaseolus vulgaris* stored under extreme conditions and processed. **Food Science and Technology**, v. 41, p. 994-999, 2008.

HALLBERG, L. et al. Iron, zinc and other trace elements. In GARROW J, JAMES W (Eds.). **Human nutrition and dietetics**. 9th ed. Edinburg Churchill Livingstone, 1993.

HERRERA, I. M.; GONZÁLES, E. P.; ROMERO, J. G. Fibra dietética soluble. Insoluble total en leguminosas crudas e cocidas. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 48, n. 2, p. 179-181, 1998.

HUANG, D.; OU, B.; PRIOR, R. L. The chemistry behind antioxidant capacity assays. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 6, p. 1841-1856, 2005.

JAYAPRAKASHA, G.K. et al. Antioxidant and antimutagenic activities of

Cinnamomum zeylanicum fruit extracts. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 20, n. 3-4, p.330-336, 2007.

KALT, W.; FORNEY, C. F.; MARTIN, A.; PRIOR, R. L. Antioxidant capacity, vitamin C, phenolics, and anthocyanins after fresh storage of small fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 47, n. 11, p. 4638-4644, 1999.

KANAMORI, M.; IKEUCHI, T.; KOTARU, M. Aminoacid composition of protein fractions extracted from Phaseolus beans on the Field beans (Vicia faba L.). **Journal of Food Science**, v. 47, n. 6, p. 1991-1994, 1982.

MAJER, P.; HIDEG, E. Developmental stage is an important factor that determines the antioxidant responses of young and old grapevine leaves under UV irradiation in a green-house. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 50, n. 1, p. 15-23, 2012.

MALDONADO, S.; SAMMÁM, N. Composición química y contenido de minerales de leguminosas y cereales producidos en el noroeste argentino. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 50, n. 2, p. 195-199, 2000.

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

MECHI, R; CANIATTI-BRAZACA, S. G.; ARTHUR, V. Avaliação química, nutricional e fatores antinutricionais do feijão preto (Phaseolus vulgaris L.) irradiado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 1, p. 109-114, 2005.

MERRIL, A. L.; WATT, B. K. **Energy value of foods: basis and derivation**. Washington: United States Department of Agriculture, 1973. 105 p.

NAIR, V. D.; PANNEERSELVAM, R.; GOPI, R. Studies on methanolic extract of Rauvolfia species from Southern Western Ghats of India – In vitro antioxidant properties, characterisation of nutrients and phytochemicals. **Industrial Crops and Products**, v. 39, p. 17-25, 2012.

PODSEDEK, A. Natural antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables. **Food Science and Technology**, v. 40, n. 1, p. 1-11, 2007.

PROLLA, I. **Características físico-químicas de cultivares de feijão e efeitos biológicos da fração fibra solúvel**. 2006. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

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

REHMAN, Z. U.; SHAH, W. H. Domestic processing effects on some insoluble dietary fibre components of various food legumes. **Food Chemistry**, v. 87, p. 613-617, 2004.

REYES-MORENO, C.; PAREDEZ-LÓPEZ, O. Hard-to-cook phenomenon in common beans – a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 33, n. 3, p. 227-286, 1993.

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

ROSS, J. A. Y.; KASUM, C. M. Dietary flavonoids: bioavailability, metabolic effects, and safety. **Annual Review of Nutrition**, v. 22, p. 19-34, 2002.

RYAN, E. et al. Phytosterol, squalene, tocopherol content and fatty acid profile of selected seeds, grains, and legumes. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 62, n. 3, p. 85-91, 2007.

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

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, n. 3, p. 144-158, 1965.

SUCUPIRA, N. R. Métodos para determinação da atividade antioxidante de frutos. **UNOPAR Científica Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 14, n. 4, p. 263-269, 2012.

SUHAJ, M. Spice antioxidants isolation and their antiradical activity: a review. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 19, n. 6-7, p. 531-537, 2006.

SUN, T.; POWERS, J. R.; TANG, J. Evaluation of the antioxidant activity of asparagus, broccoli and their juices. **Food Chemistry**, v. 105, n. 1, p. 101-106, 2007.  
TOLEDO, T. C. F.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Avaliação química e nutricional do feijão carioca (*Phaseolus vulgaris* L.) cozido por diferentes métodos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 2, p. 355-360, 2008.

VACCARI, N. F. S.; SOCCOL, M. C. H.; IDE, G. M. Compostos fenólicos em vinhos e seus efeitos antioxidantes na prevenção de doenças. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.8, n.1, p. 71-83, 2009.

WANDER, A. E. et al. Evolução da produção e do mercado mundial do feijão. **XLV Congresso da SOBER: Conhecimento para Agricultura do Futuro**, p. 4-8, 2007.  
WANG, Y. et al. Studies on bioactivities of tea (*Camellia sinensis* L.) fruit peel extracts: antioxidant activity and inhibitory potential against  $\alpha$ -glucosidase and  $\alpha$ -amylase in vitro. **Industrial Crops and Products**, v. 37, p. 520-526, 2012.

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

YANG, C. S. et al. Inhibition of carcinogenesis by dietary polyphenolic compounds. **Annual Review of Nutrition**, v. 21, n. 1, p. 381-406, 2001.

YOSHIDA, H. et al. Fatty acid distribution in triacylglycerols and phospholipids of broad beans (*Vicia faba*). **Food Chemistry**, v. 112, n. 4, p. 924-928, 2009.

ZHOU, K.; YU, L. Total phenolic contents and antioxidant properties of commonly consumed vegetables grown in Colorado. **Food Science and Technology**, v. 39, n.10, p.1155-1162, 2006.

Artigo submetido em 27-02-2022

Aceito em 26-04-2023.