

Qualidade nutricional de grãos imaturos branqueados e congelados de cultivares de feijão-caupi

Nutritional quality of immature blanched and frozen grains of cowpea cultivars

Calidad nutricional de granos inmaduros blanqueados y congelados de cultivares de frijol caupí

DOI: 10.55905/oelv22n12-027

Receipt of originals: 11/01/2024

Acceptance for publication: 11/27/2024

Fernanda de Oliveira Gomes

Doutora em Alimentos e Nutrição

Instituição: Universidade Federal do Piauí (UFPI)

Endereço: Teresina, Piauí, Brasil

E-mail: fernanda.oliveira.sa31@gmail.com

Luís José Duarte Franco

Mestre em Ciência Animal

Instituição: Embrapa Meio-Norte

Endereço: Teresina, Piauí, Brasil

E-mail: luis.franco@embrapa.br

Kaesel Jackson Damasceno-Silva

Doutor em Genética e Melhoramento de Plantas

Instituição: Embrapa Meio-Norte

Endereço: Teresina, Piauí, Brasil

E-mail: kaesel.damasceno@embrapa.br

Maurisrael de Moura Rocha

Doutor em Genética e Melhoramento de Plantas

Instituição: Embrapa Meio-Norte

Endereço: Teresina, Piauí, Brasil

E-mail: maurisrael.rocha@embrapa.br

Suzane Pereira Carvalho

Mestranda em Agronomia

Instituição: Universidade Federal do Piauí (UFPI)

Endereço: Teresina, Piauí, Brasil

E-mail: suzane011@hotmail.com

Daisy Jacqueline Sousa Silva

Doutoranda em Alimentos e Nutrição
Instituição: Universidade Federal do Piauí (UFPI)
Endereço: Teresina, Piauí, Brasil
E-mail: d.jack204@hotmail.com

Thaise Kessiane Teixeira Freitas

Mestre em Alimentos e Nutrição
Instituição: Universidade Federal do Piauí (UFPI)
Endereço: Picos, Piauí, Brasil
E-mail: thaisefreitas@outlook.com

RESUMO

O feijão-caupi é uma leguminosa de grande importância socioeconômica na região Nordeste do Brasil, gerando emprego e renda para milhares de pessoas. O objetivo deste estudo foi avaliar a composição centesimal e mineral de grãos imaturos branqueados e congelados de duas cultivares de feijão-caupi (BRS Verdejante e Vagem Roxa-THE). As amostras foram analisadas no Laboratório de Bromatologia da Embrapa Meio-Norte, em Teresina-PI. Os dados foram analisados estatisticamente, sendo realizadas análises de variância e as médias comparadas pelo teste t de Student ($p < 0,05$). Em relação à composição centesimal, as cultivares não diferiram entre si para os teores de umidade, lipídeos, fibras alimentares e para o valor energético total, enquanto para os teores de proteínas, cinzas e carboidratos, a cultivar BRS Verdejante diferiu ($p < 0,05$) e apresentou maiores teores que a cultivar Vagem Roxa-THE. As cultivares não diferiram entre si para os teores de Mg, Fe, Zn e Mn; contudo, diferiram significativamente ($p < 0,05$) entre si para os teores de Ca, P e K. A cultivar BRS Verdejante constitui-se em uma excelente opção para o mercado de feijão-verde, agregando boa conservação de nutrientes pós-colheita.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*, Feijão-Verde, Branqueamento, Congelamento.

ABSTRACT

Cowpea is a legume of great socioeconomic importance in the Northeast region of Brazil, generating employment and income for thousands of people. The objective of this study was to evaluate the proximate and mineral composition of immature blanched and frozen grains of two cowpea cultivars (BRS Verdejante and Vagem Roxa-THE). The samples were analyzed at the Bromatology Laboratory at Embrapa Meio-Norte, in Teresina-PI. The data were statistically analyzed, with analysis of variance performed and means compared using the Student's t test ($p < 0.05$). In relation to proximate composition, the cultivars did not differ from each other for moisture, lipid, dietary fiber and total energy content, while for protein, ash and carbohydrate content, the BRS Verdejante cultivar differed ($p < 0.05$) and presented higher levels than the cultivar Vagem Roxa-THE. The cultivars did not differ in terms of Mg, Fe, Zn and Mn content; however, they differed significantly ($p < 0.05$) from each other for Ca, P and K contents. The BRS Verdejante

cultivar constitutes an excellent option for the green bean market, adding good post-harvest nutrient conservation.

Keywords: *Vigna unguiculata*, Green Bean, Bleaching, Freezing.

RESUMEN

El fíjol caupí es una leguminosa de gran importancia socioeconómica en la región Nordeste de Brasil, generando empleo e ingresos para miles de personas. El objetivo de este estudio fue evaluar la composición proximal y mineral de granos inmaduros blanqueados y congelados de dos cultivares de frijol caupí (BRS Verdejante y Vagem Roxa-THE). Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Bromatología de la Embrapa Meio-Norte, en Teresina-PI. Los datos fueron analizados estadísticamente, realizándose análisis de varianza y comparación de medias mediante la prueba t de Student ($p < 0,05$). En relación a la composición próxima, los cultivares no difirieron entre sí en contenido de humedad, lípidos, fibra dietética y energía total, mientras que en el contenido de proteínas, cenizas y carbohidratos, el cultivar BRS Verdejante difirió ($p < 0,05$) y presentó mayor niveles que el cultivar Vagem Roxa-THE. Los cultivares no difirieron en cuanto al contenido de Mg, Fe, Zn y Mn; sin embargo, difirieron significativamente ($p < 0,05$) entre sí para los contenidos de Ca, P y K. El cultivar BRS Verdejante constituye una excelente opción para el mercado de frijol verde, sumando una buena conservación de nutrientes poscosecha.

Palabras clave: *Vigna unguiculata*, Frijol Verde, Escaldado, Congelación.

1 INTRODUÇÃO

O feijão-caupi, popularmente conhecido como feijão-de-corda, é uma cultura de grande importância sócioeconômica no Brasil, gerando emprego e renda para milhares de pessoas. A área de cultivo brasileira é cerca de um milhão de hectares, gerando uma produção aproximadamente de 600.00 toneladas ao ano. As regiões Norte e Nordeste são responsáveis por, aproximadamente, 90% da área total de cultivo. Além disso, o seu grão é uma das principais fontes de proteína vegetal para as populações dessas regiões.

O mercado de feijão-caupi gira principalmente em torno da produção de grãos secos ou imaturos (feijão-verde). Amplamente apreciado por seu sabor e fácil preparo, o grão imaturo é utilizado em diversos pratos típicos do Nordeste, sendo o baião-de-dois o mais popular. Esse mercado apresenta grande potencial de aumento de consumo do feijão-caupi, bem como de seu processamento industrial, nas formas de enlatamento,

resfriamento e congelamento, principalmente quando produzidos no período de entressafra, época em que o produto atinge preços mais atrativos.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a composição centesimal e mineral de grãos imaturos branqueados e congelados de cultivares de feijão-caupi.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O FEIJÃO-CAUPI E O MERCADO DE VAGENS E GRÃOS IMATUROS (FEIJÃO-VERDE)

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.), também denominado feijão-de-corda ou feijão macassar, é uma Dicotiledônea pertencente à ordem Rosales, família Leguminosae, subfamília Papilionoideae, tribo Phaseoleae, subtribo Phaseolinae, gênero *Vigna*, e à espécie *Vigna unguiculata*. Foi introduzido no Brasil na segunda metade do século XVI e as introduções continuam até hoje. Com todos esses anos de cultivo e, conseqüentemente, com a ocorrência de cruzamentos naturais e seleção natural, e ainda com a seleção dos tipos de planta e de grão pelos produtores, com base em suas preferências visuais e culinárias, surgiram muitos tipos de plantas e de grãos (Freire Filho, 2011).

A grande variabilidade genética do feijão-caupi o torna versátil, sendo usado para vários fins e em diversos sistemas de produção, sendo comercializado como grãos secos (mercado principal), grãos imaturos ou frescos (feijão-verde), farinha para acarajé e sementes (Rocha, 2021). A colheita do feijão-caupi geralmente é realizada na fase de vagens e grãos secos, mas também pode ser realizada após os grãos terem atingido o teor de sólidos para o qual estão geneticamente programados, no início da maturidade fisiológica, obtendo-se, desta forma, grãos de coloração verde apreciável e de considerada aceitabilidade, devido ao sabor suave e textura macia (Lima *et al.*, 2003).

O mercado do feijão-verde é o segundo maior mercado de feijão-caupi no Brasil, de grande importância na região Nordeste e em muitas capitais das regiões Norte, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, apresentando preços atrativos para o produtor e boas

perspectivas de expansão do consumo e do processamento industrial (Andrade *et al.*, 2011).

Segundo Freire Filho *et al.* (2007), os genótipos desta subclasse comercial apresentam alta potencial para o mercado de feijão-verde devido à sua maior capacidade de preservar sua cor verde pós-colheita, em comparação com as outras subclasses comerciais de feijão-caupi. A utilização de cultivares da subclasse comercial “verde” tem sido uma estratégia do melhoramento para aumentar a vida de prateleira dos grãos imaturos.

2.2 COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DOS GRÃOS IMATUROS DE FEIJÃO-CAUPI

A qualidade nutricional do grão de feijão-caupi é muito importante e tem impactos positivos sobre a saúde do consumidor. Neste sentido, estudos têm sido conduzidos sobre a avaliação de genótipos quanto às características nutricionais, principalmente em relação aos teores de proteínas, carboidratos, fibras, vitaminas e minerais nos grãos secos. Em relação aos minerais, os teores de ferro e zinco tem sido a ênfase dos programas de biofortificação (Andrade *et al.*, 2011).

Cultivares de feijão-caupi diferem na composição química e nas características de cozimento dos grãos. De forma geral, o feijão-caupi é rico em lisina e outros aminoácidos essenciais e pobre em aminoácidos sulfurados. É uma excelente fonte de tiamina e niacina e contém quantidades razoáveis de outras vitaminas hidrossolúveis, além de minerais como ferro, zinco, potássio e fósforo, sendo também uma boa fonte de fibras dietéticas (Santos, 2016).

Em estudo realizado por Melo *et al.* (2017), com o objetivo de determinar a composição química e o efeito do processamento térmico sobre o grão imaturo de cultivares de feijão-caupi biofortificado obtiveram as seguintes variações na composição centesimal: o teor de umidade e VET variaram de 58,82 a 60,66% e de 159 a 170 Kcal 100g⁻¹ (base úmida), respectivamente. Os teores de cinzas, proteínas, lipídios e carboidratos (base seca) do grão imaturo cru variaram de 1,58 a 1,68%, 11,03 a 13,25%, 1,31 a 2,23% e 36,11 a 38,13%, respectivamente. Após tratamento térmico, houve

aumento do conteúdo lipídico (1,57 a 2,36%) e redução dos teores de cinzas (0,83 a 1,09%), proteínas (10,25 a 13,13%) e carboidratos (25,22 a 28,50%), exceto a cultivar BRS Tumucumaque, que apresentou redução no teor de lipídios (2,04%) e aumento no teor de proteínas (12,94%). Essas reduções no conteúdo de alguns nutrientes foram devido a perda de solúveis para água de cocção.

A composição química do grão de feijão-caupi proporciona vários benefícios à saúde, sendo por isso, indicado na prevenção e no tratamento de várias doenças, além de preencher as principais recomendações para a saúde como o aumento do consumo de fibras, ferro, amido e outros carboidratos complexos e contribuir para a diminuição no consumo de lipídios e sódio. Seus grãos são especialmente valiosos como fonte de proteínas, na redução de LDL (lipoproteína de baixa densidade), por apresentar adequado aporte de aminoácidos, vitaminas e minerais, incluindo folato, tiamina e riboflavina, ser digerido mais lentamente que outros cereais e tubérculos e apresentar um baixo índice glicêmico (Pereira, 2014).

2.3 CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DOS GRÃOS IMATUROS DE FEIJÃO-CAUPI

A qualidade nutricional e tecnológica é determinada pelo genótipo e influenciada pelos fatores ambientais que ocorrem durante o crescimento da planta e desenvolvimento da semente. Os inúmeros fatores ambientais que influenciam a qualidade do feijão incluem as altas e baixas temperaturas na fase de enchimento de grãos, manejo da cultura, beneficiamento e pós-colheita, condições de estocagem e tecnologia de processamento (Dalla Corte *et al.*, 2003). O teor de água dos grãos é, juntamente com a temperatura, o fator primordial na conservação dos grãos e sementes. Quando o teor de água é baixo (11 a 13% base úmida), a atividade vital (respiração) é diminuída e o metabolismo reduzido ao mínimo. A combinação de baixas temperaturas e baixo teor de água dos grãos é ideal para a armazenagem de sementes que necessitam da manutenção da sua qualidade (Bragantini, 2005).

Os grãos imaturos de feijão-caupi têm um grande potencial para a expansão do

consumo, como também para o processamento industrial nas formas de enlatamento, resfriamento e congelamento (Sousa *et al.*, 2015).

A conservação dos grãos imaturos de feijão-caupi é uma forma de agregar valor, garantir seu consumo em qualquer época do ano, especialmente na entressafra, e difundir o seu consumo em outras regiões. Com esse objetivo Lima *et al.* (2003) definiram que os grãos de maturação ideal para o processamento (121 °C por 6 min) em frasco de vidro devem ser colhidos com, aproximadamente, 45 dias após floração, em estudo realizado com grãos imaturos de 12 linhagens de feijão-caupi.

O branqueamento é um método de conservação procedido pelo aquecimento rápido do alimento a uma dada temperatura durante um período especificado, geralmente de 1 a 10 minutos. Em seguida, o produto branqueado é imediatamente resfriado. O tempo necessário para o branqueamento de um produto depende dos fatores biológicos de cada alimento, bem como pelo período necessário para inativação das enzimas peroxidase e polifenoloxidase. Os principais objetivos desse método são a inativação enzimática e o controle microbiológico. No entanto, alguns outros benefícios são alcançados com a utilização do branqueamento, tais como a elevação na eficiência da extração de compostos bioativos, facilidade para proceder com o peeling de frutas e legumes, diminuição do ar intracelular dos vegetais, melhoramento nas taxas de desidratação, minimização do escurecimento enzimático, entre outras finalidades que afetam de forma benéfica a qualidade dos alimentos (Xiao *et al.*, 2017).

Pesquisas referentes aos grãos imaturos pós processamento térmico são importantes, uma vez que esse alimento é geralmente consumido cozido. Os métodos de preparo do grão influenciam a qualidade sensorial e o valor nutricional do alimento. Como a forma cozida dessas leguminosas é a mais consumida, o aquecimento permite a utilização dos grãos, melhorando a digestão, a absorção de nutrientes e as características sensoriais (aparência, aroma, sabor e textura). Em geral, o processamento térmico afeta a qualidade nutricional dos grãos, com alterações observadas nos teores de macronutrientes, vitaminas, minerais e fitoquímicos (Fernandes; Calvo; Proença, 2012; Toledo; Canniatti-Brazaca, 2008).

3 METODOLOGIA

3.1 PROTOCOLO EXPERIMENTAL

Amostras dos grãos imaturos de duas cultivares de feijão-caupi BRS Verdejante e Vagem Roxa-THE foram coletadas em um cultivo realizado no campo experimental da Embrapa Meio-Norte, em Teresina-PI, no ano de 2021. As cultivares são pertencentes às classes comerciais cores, subclasse verde (BRS Verdejante, selecionada por seus bons atributos agronômicos), e branca, subclasse branco liso (Vagem Roxa-THE, utilizada como padrão comercial de feijão-verde).

Após a colheita, as amostras de grãos das cultivares foram transportadas para o Laboratório de Bromatologia da Embrapa Meio-Norte para preparo e análise, sendo selecionados manualmente os grãos para remover a sujeira e aqueles fora do padrão. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

As amostras foram branqueadas em uma proporção feijão/água de 1:2 (p/v) a uma temperatura de 90°C por 5 minutos e posteriormente passaram por um resfriamento em banho de gelo, por um período de 5 minutos. Para retirada do excesso de água, os grãos foram centrifugados manualmente com o auxílio de uma peneira de plástico, acondicionados em embalagem laminada e armazenados sob congelamento (-18 °C) até o momento das análises.

Posteriormente, as amostras foram desidratadas em estufa a 60 °C por 48 horas. Após esse procedimento, os grãos foram triturados em moinho de bolas de zircônia, marca Retsch, modelo MM200, com a finalidade de obtenção de uma farinha a ser utilizada para as análises. A farinha foi acondicionada em saco de polietileno e mantida em temperatura de refrigeração (4° C) até o momento das análises.

3.2 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL E VALOR ENERGÉTICO TOTAL

As análises da composição centesimal foram realizadas segundo a AOAC (2019). O teor de umidade foi determinado por meio do método secagem em estufa com

temperatura de 105 °C. O teor de cinzas foi determinado por meio da técnica de incineração em mufla à temperatura de 550 °C. O teor de proteínas foi analisado pelo método de Kjeldahl, utilizando-se como fator de conversão do nitrogênio para proteína 6,25. O teor de lipídeos foi determinado pelo método de Soxhlet. O teor de carboidratos foi determinado por diferença dos demais constituintes da composição centesimal.

O valor energético total (VET) foi calculado conforme Watt e Merrill (1963), usando os fatores de conversão Atwater (carboidratos = 4,0; lipídios = 9,0; proteínas = 4,0).

O teor de fibras alimentares foi determinado de forma indireta, determinando-se o teor de amido pelo método ISI 27-1 (1999). Pesou-se 4 gramas da amostra, adicionou-se com auxílio de uma proveta 80 mL de água destilada em um erlenmeyer de 250 mL. Em seguida, adicionou-se 0,2mL de NaOH a 10%. Levou-se à autoclave por 1 hora a um atm. Ao esfriar, transferiu-se para um becker de 100 mL e neutralizou com com NaOH 10%, pH 7,0 a 7,2.

A amostra foi transferida para balão volumétrico de 100 mL e completou até o menisco com água destilada. Depois de decantado, realizou-se a filtração e colocou-se o filtrado em bureta de 25 mL. Adicionou-se 5 mL de Fehling A, 5 mL de Fehling B e 40 mL de água destilada, em erlenmeyer, seguido do aquecimento em chapa aquecedora até entrar em ebulição. Manteve-se a ebulição e quando se iniciou a perda da coloração azul, adicionou-se 2 gotas de azul de metileno 1% e prosseguiu-se com a titulação até a formação de um vermelho-tijolo no fundo. O teor de amido (%) foi calculado pela seguinte fórmula:

$$\text{Teor de amido} = V \times f \times 100 \times 0,9 / v \times P \quad (1)$$

onde:

V: Volume final da solução contendo a amostra;

v: Volume de amostra gasto na titulação;

f: fator da solução de Fehling – 0,555;

P: gramas de amostra presente no volume V(4g).

O teor de fibras alimentares totais (FAT) foi determinado de forma indireta, segundo Souza e Schmiele (2021), de acordo com a seguinte fórmula:

$$\text{Fibras alimentares: } 100 - (\text{umidade} + \text{cinzas} + \text{lipídios} + \text{proteínas} + \text{amidos}) \quad (2)$$

3.3 COMPOSIÇÃO MINERAL

Para a análise dos teores de minerais (Fe, Zn, Mn, Ca, P, K e Mg), pesou-se 200 mg da amostra e transferiu-se para um tubo de digestão, sendo adicionados 5mL da solução digestora (solução nitro-perclórica, 2:1). Os tubos então foram colocados no bloco digestor por aproximadamente duas horas até atingir 200 °C. Após a digestão, os extratos se apresentaram transparentes e límpidos e com um volume aproximado de 2 mL.

Os extratos dos minerais Fe, Zn e Mn foram avolumados com água destilada até 20 mL, em seguida homogeneizou-se e fez-se a leitura no espectrofotômetro de absorção atômica, marca GBC, modelo B462, selecionando previamente o comprimento de onda específico de cada elemento a ser analisado no software do equipamento. Os teores de Fe, Zn e Mn foram obtidos em partes por milhão (ppm) e depois transformados para mg 100 g⁻¹.

Os extratos dos minerais Ca, P, K e Mg foram avolumados com água destilada até 20 mL. Em seguida, usou-se 200 µL de cada extrato e transferiu-se para um tubo de ensaio, adicionando 3,5 mL de cloreto de estrôncio e 3,3 mL de água destilada, depois homogeneizou-se e prosseguiu-se com a leitura no espectro de absorbância atômica, marca GBC, modelo B462, selecionando previamente o elemento a ser analisado no software do equipamento. Os teores de Ca, K, P e Mg foram obtidos em partes por milhão (ppm) e depois transformados para mg 100 g⁻¹. Foram analisados os teores dos minerais utilizando-se a técnica de espectrometria de absorção atômica (Horwitz; Latimer Júnior, 2005).

3.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Com base nos dados, foram realizadas análises de variância e as médias das características entre genótipos comparadas pelo teste t de Student ($p < 0,05$). As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa computacional SAS (SAS, 2012).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL E VALOR ENERGÉTICO TOTAL

Os resultados da composição centesimal e valor energético total (VET) dos grãos imaturos branqueados e congelados de duas cultivares de feijão-caupi são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Composição centesimal ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$) e valor energético total – VET ($\text{Kcal } 100 \text{ g}^{-1}$) dos grãos imaturos branqueados e congelados de duas cultivares de feijão-caupi*. Teresina/PI, 2021.

Característica	Cultivar	
	BRS Verdejante	Vagem Roxa -THE
Teor de umidade	53,68±0,58a	53,81±1,72a
Teor de cinzas	4,07±0,16a	3,74±0,21b
Teor de lipídeos	3,25±0,45a	1,48±1,00b
Teor de proteínas	27,61±0,40a	25,43±0,52b
Teor de fibras alimentares	36,35±4,93a	41,25±2,86b
Teor de carboidratos	28,75±0,69a	28,10±0,28a
VET	249,07±2,62a	246,47±5,84b

Média de três repetições \pm desvio-padrão (DP). Médias com letras minúsculas diferentes nas linhas diferem significativamente pelo teste t de Student ($p < 0,05$). *Dados em base seca, com exceção da umidade que está em base úmida.

Fonte: Autores

As cultivares avaliadas não diferiram para o teor de umidade dos grãos imaturos branqueados e congelados, mas diferiram significativamente ($p < 0,05$) para os teores de lipídeos, proteínas, cinzas e fibras alimentares. A cultivar BRS Verdejante apresentou maiores teores de cinzas, lipídeos, proteínas, fibras alimentares e VET, quando

comparada à testemunha (Vagem Roxa-THE), demonstrando superioridade para a maioria dos componentes da composição centesimal nos grãos imaturos branqueados e congelados.

Em estudo realizado por Lima *et al.* (2003), ao avaliarem o teor de proteínas de grãos imaturos de 12 genótipos de feijão-caupi cozidos em conserva, obtiveram variação de 22% a 27%. Esses teores são inferiores ao observado no presente estudo para os grãos imaturos branqueados e congelados da cultivar BRS Verdejante, que apresentou teor de 28,62% de proteínas.

Em estudo realizado por Melo *et al.* (2017), ao analisarem a composição dos grãos imaturos cozidos de quatro cultivares de feijão-caupi, observaram as seguintes variações: 0,83% a 1,09% de cinzas, 10,33% a 13,13% de proteínas, 1,57% a 2,36% de lipídeos, 25,22% a 28,50% de carboidratos. Resultados superiores foram observados no presente estudo em relação aos teores de proteínas, lipídeos e cinzas para os grãos imaturos branqueados e congelados das duas cultivares avaliadas, com variações de 26,38% a 28,62%, 1,43% a 3,12% e 3,09% a 3,22%, respectivamente.

Bezerra *et al.* (2019), ao avaliarem a composição química de grãos secos cozidos de oito cultivares de feijão-caupi, obtiveram as seguintes variações: 0,95% a 1,26% de cinzas, 0,31% a 0,38% de lipídeos, 7,48% a 11,88% de proteínas, 18,79% a 22,98% de carboidratos e 117,44 a 129,22 Kcal 100 g⁻¹ de VET; valores esses, inferiores aos observados para os grãos imaturos branqueados e congelados das cultivares avaliadas no presente estudo.

O branqueamento é um processo de conservação que utiliza temperaturas mais brandas e um tempo menor, por isso, é esperado que vegetais branqueados possuam um conteúdo maior de nutrientes quando comparados aos vegetais cozidos.

Essas variações nos teores de nutrientes observadas nos diferentes trabalhos podem ser devido ao genótipo e/ou aos fatores ambientais que ocorrem durante o crescimento da planta e desenvolvimento da semente. Os fatores ambientais que influenciam a qualidade do feijão incluem as altas e baixas temperaturas na fase de enchimento de grãos, manejo da cultura, beneficiamento e pós-colheita, condições de estocagem e tecnologia de processamento (Dalla Corte *et al.*, 2003).

4.2 COMPOSIÇÃO MINERAL

Os resultados referentes aos teores de minerais dos grãos imaturos branqueados e congelados das cultivares de feijão-caupi são mostrados na Tabela 2. Em relação aos teores dos minerais Mg, Fe e Zn, observou-se ausência de diferenças entre as cultivares analisadas. Contudo, as cultivares apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) para os teores dos minerais Ca, P, K e Mn.

Tabela 2. Teor de minerais de grãos imaturos branqueados e congelados de duas cultivares de feijão-caupi (base seca). Teresina/PI, 2021.

Mineral	Cultivar/Teor em mg 100g ⁻¹ (base seca)	
	BRS Verdejante	Vagem Roxa-THE
Ca	83,33±7,00b	108,66±10,02a
Mg	168,67±5,51a	161,33±6,66a
P	504±17,21a	456,33±17,62b
K	1.213,00±43,31a	1.115,00±35,93b
Fe	5,97±0,15a	6,19±0,21a
Zn	3,51±0,14a	3,33±0,19a
Mn	1,10±0,03b	1,40±0,05a

Média de três repetições ± desvio-padrão. Médias com letras minúsculas iguais na mesma linha não diferem significativamente pelo teste t de Student ($p < 0,05$). Legenda: Ca = cálcio, Mg = Magnésio, P = fósforo, K = Potássio, Fe = Ferro, Zn = Zinco e Mn = Manganês).

Fonte: Autores

Em relação ao Ca e ao Mn, a testemunha (Vagem Roxa-THE) apresentou maior teor quando comparada a cultivar BRS Verdejante, com valores de 108,66 mg 100 g⁻¹ e 83,33 mg 100 g⁻¹, respectivamente para o Ca e 1,40 mg 100 g⁻¹ e 1,10 mg 100 g⁻¹, respectivamente para o Mn. Para os minerais P e K, a cultivar BRS Verdejante apresentou teores maiores quando comparados a testemunha, com valores de P de 504 mg 100 g⁻¹ e 456,33 mg 100 g⁻¹, respectivamente, e de K de 1.213 mg 100 g⁻¹ e 1.115 mg 100 g⁻¹, respectivamente.

Em estudo realizado por Costa (2014) em grãos imaturos cozidos de quatro cultivares de feijão-caupi, observou-se as seguintes variações nos teores de Ca: 52,99 a 91,47 mg 100g⁻¹; K: 711,84 a 1001,96 mg 100g⁻¹; Mg: 110,14 a 147,85 mg 100g⁻¹; P: 341,78 a 447,57 mg 100g⁻¹; Mn: 1,40 a 1,76 mg 100g⁻¹; Fe: 5,55 a 6,44 mg 100g⁻¹; e Zn: 4,36 a 5,06 mg 100g⁻¹). Fazendo uma comparação com o presente estudo, os teores

de Ca, K, Mg, P foram maiores que do estudo de Costa (2014), porém, em relação aos minerais Fe, Zn e Mn, os teores observados no presente estudo forem inferiores.

As condições empregadas durante o processamento, como a quantidade de água, tempo e temperatura utilizadas, dentre outros fatores, podem favorecer a eliminação dos minerais para o caldo. Dessa forma, esse fato justifica as diferenças observadas no conteúdo de minerais nos diferentes estudos que analisaram os grãos imaturos de genótipos de feijão-caupi.

Os teores dos nutrientes que foram avaliados neste estudo para os grãos imaturos da cultivar de feijão-caupi BRS Verdejante, a ingestão diária recomendada, a concentração de nutrientes em 100g de grãos imaturos e o percentual de adequação da VDR para um indivíduo adulto sadio (ANVISA, 2020) são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Comparativo da Ingestão Diária Recomendada (IDR) com a oferta de nutrientes em 100g de grãos imaturos branqueados e congelados da cultivar de feijão-caupi BRS Verdejante, porcentagem de adequação e classificação quanto a concentração de nutrientes. Teresina/PI, 2021.

Nutriente	IDR	100g de grãos imaturos	Adequação (%)	Classificação
Carboidratos	300 g	1,35 g	8,5%	Baixo teor
Proteínas	50 g	28,62 g	57,2%	Alto teor
Lipídeos	65 g	3,12 g	5%	Baixo teor
Fibras alimentares	25 g	10,01 g	40%	Alto teor
Cálcio	1000 mg	83 mg	8,3%	Baixo teor
Magnésio	420 mg	169 mg	40,2%	Alto teor
Fósforo	700 mg	504 mg	72%	Alto teor
Potássio	3500 mg	1.213 mg	35%	Alto teor
Ferro	14 mg	5,97 mg	43%	Alto teor
Zinco	11 mg	3,51 mg	32%	Alto teor
Manganês	3 mg	1,10 mg	37%	Alto teor

Fonte: Instrução Normativa n° 75, de 8 de outubro de 2020 (ANVISA, 2020).

Observa-se a partir da interpretação da Tabela 3, que a cultivar de feijão-caupi BRS Verdejante apresentou alto teor de minerais (Mg, P, K, Fe, Zn e Mn), além de altos teores de fibras alimentares e proteínas, com percentual de adequação superior a 30% da Ingestão Diária Recomendada (IDR), segundo a Instrução Normativa n° 75, de 8 de



outubro de 2020 (ANVISA, 2020). Isso demonstra o potencial nutricional dessa cultivar para o mercado de grãos imaturos processados.

5 CONCLUSÃO

Os grãos imaturos branqueados e congelados da cultivar BRS Verdejante apresentam melhor perfil de minerais e de proteínas do que a cultivar testemunha (Vagem Roxa-THE), representando uma excelente opção de comercialização, agregando boa conservação pós-colheita para os produtores e comerciantes e promoção da saúde dos consumidores de feijão-verde.

AGRADECIMENTOS

À Embrapa Meio-Norte (Projeto 20.22.01.011.00.00), Universidade Federal do Piauí (UFPI) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) (Processo 88887.201922/2018-00), pelo apoio financeiro e estrutural, essenciais para a realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, F. N. *et al.* Potencial nutricional e culinário de linhagens de tegumento e cotilédone verdes para o mercado de feijão-caupi verde. In: REUNIÃO DE BIOFORTIFICAÇÃO, 4., Teresina, 2011. **Anais...** Teresina/Rio de Janeiro: Embrapa Meio-Norte/Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2011.

ANVISA – Agência Brasileira de Vigilância Sanitária. **Instrução Normativa nº 75, de 8 de outubro de 2020.** Estabelece os requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional nos alimentos embalados. Brasília, DF: Anvisa, 2020. Disponível em: < <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-in-n-75-de-8-de-outubro-de-2020-282071143>>. Acesso em: 24 de fev. 2023.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of AOC International.** 21. ed. Rockville: AOAC International, 2019.

BEZERRA, J. M. *et al.* Composição química de oito cultivares de feijão-caupi. **Revista Verde**, v. 14, n. 1, p. 41-47, 2019.

BRAGANTINI, C. **Alguns aspectos do armazenamento de sementes e grãos de feijão.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 28 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos. 187).

COSTA, N. Q. **Características nutritivas e sensoriais de formulações de baião-de-dois elaboradas a partir de arroz integral e feijão-caupi biofortificados.** 2014. 102 f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) - Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2014.

DALLA CORTE, A. *et al.* Environment effect on grain quality in early common bean cultivars and lines. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 3, n. 3, p. 193-202, 2003.

FERNANDES, A. C.; CALVO, M. C. M.; PROENÇA, R. P. C. Técnicas de pré-preparo de feijões em unidades produtoras de refeições das regiões Sul e Sudeste do Brasil. **Revista de Nutrição**, v. 25, n. 2, p. 259-269, 2012.

FREIRE FILHO, F. R. (Ed.). **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios.** Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011. 84 p.

FREIRE-FILHO, F. R. *et al.* Novo gene produzindo cotilédone verde em feijão-caupi. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 38, n. 3, p. 286-290, 2007.

HORWITZ, W.; LATIMER JÚNIOR, G. (Eds.) **Official Methods of Analysis of AOAC International.** 18th ed. Gaithersburg, Maryland: AOAC, 2005. Cap. 50, methods 985.35 e 984.27, p.15-18.

LIMA, E. D. P. A. *et al.* 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**, v. 7, n. 1, p. 129-134, 2003.

MELO, N. Q. C. *et al.* Chemical characterization of green grain before and after thermal processing in biofortified cowpea cultivars. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 5, p. 811-816, 2017.

PEREIRA, E. J. **Estudo da composição em macronutrientes, retenção e bioacessibilidade de ferro e zinco em cultivares de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) em grãos crus e após o cozimento.** 2014. 115 f. Tese (Doutorado em Farmácia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Farmácia, Rio de Janeiro, 2014.

ROCHA, M. M. Mercado e comercialização. In: **Feijão-caupi**. Brasília: Agência Embrapa de Informação Tecnológica, 2021. (Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Árvores do Conhecimento. Cultivos). Disponível em: <mbrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/fejao-caupi/pre-producao/socioeconomia/mercado-e-comercializacao>. Acesso em: 26 de fev. 2023.

SANTOS, M. S. **Efeitos das condições de armazenamento sobre parâmetros de avaliação tecnológicos e nutricionais de feijão-caupi de tegumento branco.** 2016. 79 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Pelotas, 2016.

SAS - Statistical Analysis System. **SAS/STA User's Guide: statistics.** Version 9.1. edition. Cary NC: SAS Inc., 2012.

SOUSA, J. L. M. *et al.* Potencial de genótipos de feijão-caupi para o mercado de vagens e grãos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 5, p. 392-398, 2015.

SOUZA, A. R.; SCHMIELE, M. Custard apple puree, fructooligosaccharide and soy protein hydrolysate as alternative ingredients in low carb pound cake. **Journal of Food Science and Technology**, v. 58, n. 9, p. 3632-3644, 2021.

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.

WATT, B.; MERRILL, A. L. **Composition of foods: raw, processed, prepared.** Washington: Agricultural Research Service, 1963. 198p.

XIAO, H. W. *et al.* Recent developments and trends in thermal blanching – A comprehensive review. **Information Processing in Agriculture**, v. 4, n. 2, p. 27-101, 2017.