
Teores de minerais em vagens imaturas cruas e cozidas de genótipos de feijão-de-metro

Mineral contents in raw and cooked immature pods of yardlong bean genotypes

Recebido: 28/10/2024 | Aceito: 03/11/2024 | Publicado: 12/11/2024

Lisandra Maria da Silva Carvalho

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4640-062X>

Universidade Federal do Piauí, Brasil

E-mail: lisandra.silva@ifma.edu.br

Marcos Serra Luz

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5495-8116>

Instituto Federal do Maranhão, Brasil

E-mail: marcos.luz@ifma.edu.br

Luis José Duarte Franco

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0047-054X>

Embrapa Meio-Norte, Brasil

E-mail: luis.franco@embrapa.br

Kaesel Jackson Damasceno-Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7261-216X>

Embrapa Meio-Norte, Brasil

E-mail: kaesel.damasceno@embrapa.br

Maurisrael de Moura Rocha

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5817-2794>

Embrapa Meio-Norte, Brasil

E-mail: maurisrael.rocha@embrapa.br

RESUMO

Este trabalho objetivou caracterizar as vagens imaturas cruas e cozidas de cinco genótipos de feijão-de-metro quanto aos teores de minerais. A composição mineral foi determinada conforme a técnica de espectrometria em absorção atômica e UV-VIS. As médias entre os genótipos foram comparadas pelo teste de *Tukey*; e entre os tratamentos (cru e cozido) pelo teste *t de Student* ($p < 0,05$). Observou-se diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os genótipos para todos os minerais (cru e cozido); entre os tratamentos (cru vs cozido), diferenças significativas ($p < 0,05$) foram observadas para os teores de Fe, Mn, Ca, Mg, K e P. As linhagens 3943 e 3966 apresentaram os maiores teores de Fe, Zn, Mn, Cu, Mg e P (cru e cozido). A cultivar De Metro destacou-se em Ca e K (cru), enquanto as cultivares BRS Raíra e BRS Lauré mostraram os maiores teores de Na (cru e cozido) e Ca (cozido). O Cu foi classificado como fonte e o Se como alto teor de mineral no feijão-de-metro. As vagens imaturas das linhagens de feijão-de-metro 3943 e 3966 apresentaram alto valor em minerais e, portanto, potencial como cultivares biofortificadas para o consumidor de feijão-vagem da região Nordeste do Brasil.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata* ssp. *sesquipedalis*; minerais; vagens imaturas; cozimento.

ABSTRACT

This study aimed to characterize the raw and cooked immature pods of five genotypes of yardlong bean regarding mineral contents. The mineral composition was determined using atomic absorption spectrometry and UV-VIS techniques. The means between genotypes were compared by the Tukey test; and between treatments (raw vs cooked) by the Student's t-test ($p < 0.05$). Significant differences ($P < 0.05$) were observed between genotypes for all minerals (raw and cooked); between treatments (raw vs cooked), significant differences ($p < 0.05$) were observed for the contents of Fe, Mn, Ca, Mg, K and P. The lines 3943 and 3966 showed the highest contents of Fe, Zn, Mn, Cu, Mg, and P (raw and cooked). The De Metro highlighted in Ca and K (raw), while the BRS Raíra and BRS Lauré cultivars showed the highest contents of Na (raw and cooked) and Ca (cooked). Cu was classified as a source and Se as a high mineral content in the yardlong bean. The immature pods of yardlong bean lines 3943 and 3966 showed high mineral value and, therefore, potential as biofortified cultivars for the consumer of green beans in the Northeast region of Brazil.

Keywords: *Vigna unguiculata* ssp. *sesquipedalis*; minerals; immature pods; cooking.

INTRODUÇÃO

O feijão-de-metro ou feijão aspargo (*Vigna unguiculata* ssp. *sesquipedalis*) é uma subespécie de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) de clima quente e tolerante à seca, com uma ampla área de cultivo no leste e sudeste da Ásia. O nome feijão-de-metro é devido às suas vagens características que medem de 50 a 100 cm de comprimento. Acredita-se que a característica vagem longa seja o resultado da domesticação local intensiva depois que foi levada para a Ásia da África Subsaariana (SUMA et al., 2021; YANG et al., 2023).

Ao contrário do feijão-caupi comum (*Vigna unguiculata* ssp. *unguiculata*), o feijão-de-metro é colhido enquanto sua vagem ainda está macia, fornecendo assim uma fonte muito boa de proteína, minerais, vitaminas e fibras alimentares (JAYATHILAKE et al., 2018). Possui uma textura mais densa e sabor intenso de "feijão" em comparação com outros feijões (SUMA et al., 2021). Sua textura e sabor se mantêm bem quando fritos ou cozidos no vapor. Devido ao seu perfil nutricional e versatilidade, o feijão-de-metro desempenha um papel crucial no combate à desnutrição e à insegurança alimentar, fornecendo um recurso valioso para combater esses desafios (XU et al., 2017; XIA et al., 2019).

A produção global de feijão-de-metro é de 1.310.002 toneladas em uma área de 136.328 hectares e uma produtividade de 9.609 kg/ha (FAOSTAT, 2021). É cultivado extensivamente em muitos países do Sudeste Asiático, como Malásia, Filipinas, Indonésia e Tailândia, sul da China, Índia e Paquistão (SUMA et al., 2021). Não se sabe ao certo quando o feijão-de-metro foi introduzido no Brasil, se na mesma época do feijão-

caupi comum ou posteriormente. Ele é muito consumido na região Norte do país, principalmente no estado do Pará, onde é conhecido como feijão-verde. As evidências indicam que feijão-de-metro foi introduzido no Pará pelos imigrantes japoneses, que vieram para o Estado no início do século XX. É comercializado em molhos de 15 a 20 vagens, que são colhidas em torno de 15 dias após fecundação da flor. É consumido em forma de salada, participando de muitos pratos da culinária paraense (RODRIGUES *et al.*, 2016).

O feijão-de-metro é cultivado na região Norte do Brasil em unidades de produção familiar, constituindo-se em uma fonte significativa de emprego e renda. O seu consumo se faz no pleno desenvolvimento de suas vagens imaturas, por sua maciez e facilidade na cocção, sendo uma alternativa mais viável em regiões mais quentes, caso do Nordeste do Brasil, em substituição ao feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.), em que o cultivo/produção ocorre nas regiões Sul e Sudeste do Brasil (KANO *et al.*, 2018; MANJESH *et al.*, 2019).

De uma forma geral, a composição centesimal (umidade, cinzas, fibra total, lipídeos, proteínas e carboidratos) e a variabilidade nos teores de minerais entre alguns genótipos podem ser atribuídas a fatores genéticos, dado que os fatores edafoclimáticos, as condições de plantio, o estágio de maturação das vagens, o manuseio pós-colheita, o período de tempo entre a colheita e o processamento e a metodologia de análise, foram os mesmos.

A composição mineral dos alimentos de origem vegetal é influenciada por fatores genéticos intrínseco ao genótipo, mas também por fatores edafoclimáticos, as condições de plantio, o estágio de maturação das vagens, o manuseio pós-colheita, o período entre a colheita e o processamento e a metodologia de análise adotada (FREITAS *et al.*, 2022).

Uma porção de 100 g de vagens comestíveis contém umidade (85,3 g), energia (48 kcal), carboidrato (8,1 g), proteína digestível (23,52% 26,27%), fibra (2 g), minerais (0,9 g), cálcio (72,0 mg), fósforo (59 mg), ferro (2,5 mg), caroteno (564 mg), tiamina (0,07 mg), riboflavina (0,09 mg) e vitamina C (24 mg). Ele também contém outros micronutrientes como zinco (3,26 3,67 mg), manganês (0,29 0,33 mg) e cobalto (0,03 0,06 mg) por 100 g de vagens verdes (SUMA *et al.*, 2021).

O cozimento é um tratamento muito utilizado nas industriais alimentícias como no consumo doméstico. Esse processo pode favorecer a perda de nutrientes, principalmente vitaminas e minerais ao longo do cozimento. A variedade de genótipos e o tratamento térmico empregado, poderão demonstrar possíveis variações nos teores de

nutrientes nos feijões (SILVA *et al.*, 2016; DUARTE *et al.*, 2024). Algumas condições do processamento podem fazer os minerais migrarem para o meio, como a quantidade e o tempo de contato com a água, e a temperatura da água de embebição (RAMÍREZ-CÁRDENAS; LEONEL; COSTA, 2008; QUAMRUZZAMAN *et al.*, 2022).

A deficiência de micronutrientes acometem indivíduos de países desenvolvidos e principalmente em desenvolvimento, sendo que a maioria delas vive em países de baixa renda. Estima-se que mais de 2 bilhões de pessoas no mundo tenha alguma deficiência de minerais essenciais, principalmente ferro e zinco, que são as formas mais comuns e relevantes de desnutrição por microminerais no mundo (WHO, 2011; FAO, 2004; VELLOZO; FISBERG, 2010).

A literatura quanto à caracterização mineral das vagens imaturas do feijão-de-metro é escassa (CARNIB, 2017; SUMA *et al.*, 2021; FREITAS *et al.*, 2022), e nenhum estudo sobre a composição mineral após o cozimento foi verificado. No Brasil, as pesquisas com o feijão-de-metro estão mais relacionadas às suas características agronômicas. A ausência de conhecimento sobre as propriedades nutricionais das vagens imaturas de feijão-de-metro, tanto na sua forma crua como cozida, torna-se um fator limitante para o seu uso na dieta da população.

Assim, fazem-se necessários mais estudos com o objetivo de caracterizar nutricionalmente o germoplasma dessa leguminosa e a transferência do conhecimento para a população, face à importância de seu valor nutritivo em teor mineral. Esses estudos também subsidiarão os programas de melhoramento quanto ao desenvolvimento de cultivares biofortificadas em minerais para o mercado consumidor de feijão-de-metro.

Diante do exposto, o presente trabalho objetivou caracterizar os teores de minerais em vagens cruas e cozidas de genótipos de feijão-de-metro.

METODOLOGIA

Foram analisadas vagens imaturas de cinco genótipos de feijão-de-metro, sendo duas linhagens (3943 e 3966) e três cultivares (De Metro, BRS Lauré e BRS Raíra), oriundos do Banco Ativo de Germoplasma de feijão-caupi da Embrapa Meio-Norte, Teresina-PI. A seleção das linhagens 3943 e 3966 foi realizada com base nos melhores resultados obtidos na análise sensorial por Carnib (2017). As cultivares De Metro, BRS Lauré e BRS Raíra são cultivares comerciais, sendo as duas últimas lançadas para o mercado consumidor paraense (FREIRE FILHO; QUEIROZ, 2023). As características genéticas e morfológicas dos genótipos de feijão-de-metro são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 – Genótipos de feijão-de-metro utilizados na pesquisa.

| Genótipo | Material genético | Cor da vagem | Vagens |
|-----------|-------------------|------------------|---|
| 3943 | Linhagem | Verde claro |  |
| 3966 | Linhagem | Verde claro |  |
| De Metro | Cultivar | Verde escuro |  |
| BRS Raíra | Cultivar | Verde-oliva |  |
| BRS Lauré | Cultivar | Roxa avermelhada |  |

As vagens imaturas dos genótipos foram selecionadas manualmente; retirando sujidades; cortando pontas e bases; e descartando aquelas fora do padrão de qualidade. Separadas em vagens cruas (in natura) e cozidas (cocção a vapor por 6 minutos em panela elétrica). Depois secas a 60 °C por 48 h, e moagem para obtenção da farinha utilizada para a análise da composição mineral. As amostras ficaram mantidas sob refrigeração a 4 °C até o momento das análises, onde foram realizadas no Laboratório de Bromatologia da Embrapa Meio-Norte, Teresina/PI.

Quantificou-se os microminerais: ferro (Fe), zinco (Zn), manganês (Mn) e cobre (Cu); e os macrominerais: cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), sódio (Na) e fósforo (P) em todos os genótipos de feijão-de-metro; e selênio (Se) nas amostras 3943, 3966 e De Metro. O teor de minerais foi determinado pela técnica de espectrometria de absorção atômica e UV-VIS (SILVA; QUEIROZ, 2002), que consiste na digestão da matéria orgânica com ácido nitroperclórico (2:1) a 200 °C por duas horas, e a posterior análise no espectrofotômetro de absorção atômica para todos os minerais; exceto o fósforo que foi no espectrofotômetro UV-VIS; realizada em triplicata.

Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA), as médias entre os genótipos foram comparadas pelo Teste de *Tukey* ($p < 0,05$), enquanto as médias entre os tratamentos (cru e cozido), pelo teste *t* de *Student* ($p < 0,05$). Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa computacional SAS (SAS INSTITUTE, 2012).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A determinação do teor de minerais é analisada para fins nutricionais, segurança alimentar e autenticidade dos alimentos. Os microminerais são elementos que o organismo precisa em quantidades pequenas, menores que 100 mg por dia. Já os

macrominerais são elementos que o organismo precisa em quantidades maiores que 100 mg por dia.

Microminerais

Os teores dos microminerais ferro (Fe), zinco (Zn), manganês (Mn) e cobre (Cu) nas vagens cruas e cozidas de cinco genótipos de feijão-de-metro, em base úmida, são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Teores dos microminerais ferro (Fe), zinco (Zn), manganês (Mn) e cobre (Cu) nas vagens imaturas cruas e cozidas de cinco genótipos de feijão-de-metro, em base úmida.

| Micromineral | Genótipo | Vagem crua | Vagem cozida |
|---------------------------------|--------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| | | $\bar{X} \pm DP$ | $\bar{X} \pm DP$ |
| Fe (mg 100 g ⁻¹) | 3943 | 1,37 ± 0,02 ^{bB} | 1,43 ± 0,02 ^{bA} |
| | 3966 | 1,76 ± 0,03 ^{aB} | 1,95 ± 0,03 ^{aA} |
| | De Metro | 1,41 ± 0,03 ^{bA} | 1,44 ± 0,03 ^{bA} |
| | BRS Raíra | 0,73 ± 0,04 ^{cA} | 0,72 ± 0,09 ^{dA} |
| | BRS Lauré | 0,52 ± 0,08 ^{dB} | 0,86 ± 0,08 ^{CA} |
| | Média geral | 1,16 ± 0,04^B | 1,28 ± 0,05^A |
| Zn (mg 100 g ⁻¹) | 3943 | 1,21 ± 0,03 ^{bA} | 1,25 ± 0,02 ^{bA} |
| | 3966 | 1,38 ± 0,03 ^{aB} | 1,45 ± 0,02 ^{aA} |
| | De Metro | 1,03 ± 0,02 ^{cA} | 1,01 ± 0,02 ^{cA} |
| | BRS Raíra | 0,85 ± 0,04 ^{dA} | 0,85 ± 0,16 ^{dA} |
| | BRS Lauré | 0,82 ± 0,04 ^{dA} | 0,86 ± 0,07 ^{dA} |
| | Média geral | 1,06 ± 0,03^A | 1,08 ± 0,06^A |
| Mn (mg 100 g ⁻¹) | 3943 | 0,44 ± 0,03 ^{bB} | 0,58 ± 0,02 ^{bA} |
| | 3966 | 0,61 ± 0,01 ^{aB} | 0,68 ± 0,01 ^{aA} |
| | De Metro | 0,36 ± 0,04 ^{bB} | 0,48 ± 0,02 ^{bA} |
| | BRS Raíra | 0,23 ± 0,03 ^{cA} | 0,14 ± 0,03 ^{cB} |
| | BRS Lauré | 0,12 ± 0,02 ^{dA} | 0,05 ± 0,02 ^{dB} |
| | Média geral | 0,35 ± 0,03^B | 0,39 ± 0,02^A |
| Cu (mg 100 g ⁻¹) | 3943 | 0,23 ± 0,02 ^{aB} | 0,27 ± 0,01 ^{aA} |
| | 3966 | 0,27 ± 0,06 ^{aA} | 0,25 ± 0,01 ^{b^{aA}} |
| | De Metro | 0,19 ± 0,02 ^{cA} | 0,21 ± 0,02 ^{dA} |
| | BRS Raíra | 0,19 ± 0,01 ^{b^{cA}} | 0,20 ± 0,00 ^{dA} |
| | BRS Lauré | 0,22 ± 0,02 ^{bA} | 0,23 ± 0,01 ^{cA} |
| | Média geral | 0,22 ± 0,03^A | 0,23 ± 0,01^A |
| Se (mg 100g ⁻¹) | 3943 | 0,26 ± 0,01 ^{aA} | 0,27 ± 0,01 ^{aA} |
| | 3966 | 0,11 ± 0,00 ^{cB} | 0,15 ± 0,00 ^{cA} |
| | De Metro | 0,18 ± 0,01 ^{bA} | 0,17 ± 0,00 ^{bA} |
| | Média geral | 0,18 ± 0,01^A | 0,19 ± 0,00^A |

Média (\bar{X}) de três repetições ± desvio padrão (DP). Letras minúsculas iguais nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelos testes *Tukey* e *t* de *Student* (p<0,05), respectivamente.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Os teores de Fe nas vagens imaturas cruas variaram de 0,52 g 100 g⁻¹ (BRS Lauré) a 1,76 mg 100 g⁻¹ (3966), com média geral de 1,16 mg 100 g⁻¹. Médias inferiores foram observadas em avaliações conduzidas em vagens imaturas cruas por e FoodData Central (2019), com 0,47 mg 100 g⁻¹; Freitas *et al.* (2022), com 0,61 mg 100 g⁻¹; e Quamruzzaman *et al.* (2022), com 0,82 mg 100 g⁻¹. Médias similares foram verificadas em genótipos de feijão-de-metro avaliados por Engle (2008), com 1,30 mg 100 g⁻¹; e Carnib (2017), com 1,05 mg 100 g⁻¹. Média superior foi observada por Suma *et al.* (2021), com 2,50 mg 100 g⁻¹. A linhagem 3966 diferiu significativamente (p<0,05) dos demais genótipos, com a maior média de Fe. Esse elemento é essencial e desempenha um papel importante na formação de glóbulos vermelhos e sua deficiência resulta na redução dos glóbulos vermelhos (GERRANO *et al.*, 2017), causando anemia ferropriva. A biofortificação de alimentos, como o feijão-caupi, produzido em países da África e América Latina, incluindo o Brasil, onde a prevalência de anemia é alta, merece atenção porque pode ser utilizado na forma habitual de ingestão e também na forma de farinha na preparação de produtos para crianças, com maior aceitação por elas, constituindo uma nova e promissora estratégia para reduzir os níveis de anemia ferropriva (MOREIRA-ARAÚJO; BRANDÃO, 2018).

Os teores de Zn nas vagens imaturas cruas variaram de 0,82 g 100 g⁻¹ (BRS Lauré) a 1,38 mg 100 g⁻¹ (3966), com média geral de 1,06 mg 100 g⁻¹. Médias inferiores foram relatados nos trabalhos com feijão-de-metro de e Carnib (2017), com 0,88 mg 100 g⁻¹; FoodData Central (2019), com 0,37 mg 100 g⁻¹; Freitas *et al.* (2022), com 0,48 mg 100 g⁻¹; e Quamruzzaman *et al.* (2022), com 0,39 mg 100 g⁻¹. A linhagem 3966 diferiu significativamente (p<0,05) dos demais genótipos, com a maior média de Zn. Esse elemento é essencial para a saúde humana devido ao seu papel chave como um cofator necessário em inúmeras reações enzimáticas no corpo e contribui para a manutenção do sistema imunológico (GOMES *et al.*, 2022).

Os teores de Mn nas vagens imaturas cruas variaram de 0,12 mg 100 g⁻¹ (BRS Lauré) a 0,61 g 100 g⁻¹ (3966), com média geral de 0,35 mg 100 g⁻¹. Médias inferiores foram observadas por FoodData Central (2019), com 0,20 mg 100 g⁻¹; Suma *et al.* (2021), com 3,46 mg 100 g⁻¹.; e Freitas *et al.* (2022), com 0,12 mg 100 g⁻¹. Média semelhante à observada no presente trabalho foi verificada por Carnib (2017), com 0,37 mg 100 g⁻¹, ao avaliar vagens imaturas de genótipos de feijão-de-metro. A linhagem 3966 diferiu significativamente (p<0,05) dos demais genótipos, com a maior média de Mn. Esse elemento é um componente de muitas enzimas, incluindo a superóxido dismutase

mitocondrial, e também ativa outras enzimas, como hidrolases, kinases e transferases (GERRANO *et al.*, 2017).

Os teores de Cu nas vagens imaturas cruas variaram de 0,19 g 100 g⁻¹ (De Metro e BRS Raíra) a 0,27 mg 100 g⁻¹ (3966), com média geral de 0,22 mg 100 g⁻¹. Médias inferiores foram obtidos em vagens imaturas cruas feijão-de-metro por e Carnib (2017), com 0,12 mg 100 g⁻¹; FoodData Central (2019), com 0,05 mg 100 g⁻¹; e Freitas *et al.* (2022), com 0,12 mg 100 g⁻¹. As linhagens 3943 e 3966 diferiram significativamente ($p < 0,05$) dos demais genótipos, com as maiores médias de Cu. Esse elemento é um cofator de muitas enzimas redox, sendo a Ceruloplasmina a enzima ferroxidase dependente de Cu. Além de seu papel no metabolismo do ferro, a necessidade de Cu também deriva de seu envolvimento em uma série de processos biológicos, incluindo defesa antioxidante, síntese de neuropeptídeos e função imunológica (BOST *et al.*, 2016).

O teor de Se foi analisado apenas nos genótipos 3943, 3966 e De Metro. Nas vagens imaturas cruas, os teores de Se variaram de 0,11 g 100 g⁻¹ (3966) a 0,26 mg 100 g⁻¹ (3943), com média geral de 0,18 mg 100 g⁻¹. Nos estudos de FoodData Central (2019) e Freitas *et al.* (2022), observaram-se teores de 0,02 mg 100 g⁻¹ e 0,013 mg 100 g⁻¹, respectivamente; valores esses, inferiores aos obtidos no presente trabalho. A linhagem 3943 diferiu significativamente ($p < 0,05$) dos demais genótipos, com os maiores teores de Se. Esse mineral é essencial para o metabolismo animal e humano devido às suas funções na regulação da glândula tireoide e nos sistemas imunológico e reprodutivo (LANZA *et al.*, 2021).

Os teores de microminerais nas vagens imaturas cozidas dos genótipos de feijão-de-metro apresentaram as seguintes variações e médias: Fe: 0,72 g 100 g⁻¹ (BRS Raíra) a 1,95 mg 100 g⁻¹ (3966), com média geral de 1,28 mg 100 g⁻¹; Zn: 0,85 g 100 g⁻¹ (BRS Raíra) a 1,45 mg 100 g⁻¹ (3966), com média geral de 1,08 mg 100 g⁻¹; Mn: 0,05 mg 100 g⁻¹ (BRS Lauré) a 0,68 mg 100 g⁻¹ (3966), com média geral de 0,39 mg 100 g⁻¹. A linhagem 3966 diferiu significativamente ($p < 0,05$) dos demais genótipos para teores de Fe, Zn e Mn, com as maiores médias para esses microminerais. Os teores de Cu variaram de 0,20 g 100 g⁻¹ (BRS Raíra) a 0,27 mg 100 g⁻¹ (3943), com média geral de 0,23 mg 100 g⁻¹. As linhagens 3943 e 3966 diferiram significativamente ($p < 0,05$) dos demais genótipos, com os maiores teores de Cu. Os teores de Se variaram de 0,15 g 100 g⁻¹ (3966) a 0,27 mg 100 g⁻¹ (3943), com média geral de 1,16 mg 100 g⁻¹. A linhagem 3943 diferiu significativamente ($p < 0,05$) dos demais genótipos, com os maiores teores de Se.

Trabalhos avaliando os teores de microminerais nas vagens imaturas de feijão-de-metro após a cocção não foram reportados na literatura. Valores superiores aos observados no presente trabalho foram encontrados nos grãos imaturos cozidos de feijão-caupi por Gomes *et al.* (2024) para os teores de Zn (1,3 mg 100 g⁻¹), Fe (5,62 mg 100 g⁻¹), Mn (0,74 mg 100 g⁻¹); em grãos secos cozidos de feijão-caupi por Barros (2014) para os teores de Zn (2,03 mg 100 g⁻¹), Fe (2,63 mg 100 g⁻¹), Mn (0,74 mg 100 g⁻¹) e Cu (0,24 mg 100 g⁻¹); e em grãos secos cozidos de feijão-caupi por Duarte *et al.* (2024), para os teores de Fe (4,84 mg 100 g⁻¹) e Zn (5,15 mg 100 g⁻¹). Em grãos secos crus e cozidos de feijão-caupi, os teores de Se verificados por Duarte *et al.* (2024) foi de 5,09 mg 100 g⁻¹ (cru) e 9,00 mg 100 g⁻¹ (cozido); enquanto Oliveira (2022), verificou um valor de 5,57 mg 100 g⁻¹ (cru); teores esses, superiores aos observados no presente trabalho.

Essa variação nos teores de microminerais após o cozimento observados na literatura acima, quando comparados com os teores verificados no presente trabalho, pode ser decorrente de fatores genéticos, espécie, condições edafoclimáticas, manejo do cultivo, partes da planta analisadas (vagem, grão), fase de maturação (imaturado, seco) e condições de cozimento.

Entre os tratamentos vagens imaturas cruas e vagens imaturas cozidas para os microminerais, considerando a média geral, observou-se diferenças significativas ($p < 0,05$) apenas para os teores de Fe e Mn, com aumento desses microminerais após o cozimento. Considerando as médias individuais dos genótipos, o teor de Fe só não foi influenciado pelo cozimento nas cultivares De Metro e BRS Raíra, que mantiveram os teores após o cozimento. Com relação ao teor de Zn, mesmo não havendo diferenças entre as médias gerais de vagens cruas e cozidas, na linhagem 3966 houve aumento desse micromineral após o cozimento. Com relação ao teor de Mn, embora ocorrendo aumento após o cozimento com base na média geral, contrariamente, nas cultivares BRS Raíra e BRs Lauré, ocorreu diminuição desse micromineral após a cocção. Com relação aos teores de Cu e Se, embora o comportamento das vagens imaturas cruas e cozidas tenha sido similar, ocorreu aumento do Se após o cozimento na linhagem 3943. Isso demonstra que o efeito da cocção depende do genótipo, já que todos os genótipos foram cultivados nas mesmas condições, receberam o mesmo manejo, foram analisados a mesma parte da planta (vagens imaturas) e o cozimento realizado de forma similar.

Macrominerais

Os teores dos macrominerais cálcio (Ca), sódio (Na), magnésio (Mg), potássio (K) e fósforo (P) nas vagens cruas e cozidas de cinco genótipos de feijão-de-metro, em base úmida, são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Teores dos macrominerais cálcio (Ca), sódio (Na), magnésio (Mg), potássio (K) e fósforo (P) nas vagens imaturas cruas e cozidas de cinco genótipos de feijão-de-metro, em base úmida.

| Macromineral | Genótipo | Vagem crua | Vagem cozida |
|---------------------------------|--------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| | | $\bar{X} \pm DP$ | $\bar{X} \pm DP$ |
| Ca (mg 100 g ⁻¹) | 3943 | 44,80 ± 4,76 ^{cA} | 35,12 ± 0,69 ^{bB} |
| | 3966 | 49,75 ± 2,08 ^{bA} | 34,35 ± 1,00 ^{bB} |
| | De Metro | 56,94 ± 6,72 ^{aA} | 29,14 ± 1,29 ^{dB} |
| | BRS Raíra | 30,87 ± 2,41 ^{dB} | 38,07 ± 1,40 ^{aA} |
| | BRS Lauré | 29,08 ± 2,83 ^{dB} | 32,29 ± 3,58 ^{cA} |
| | Média geral | 42,29 ± 3,76^A | 33,79 ± 1,59^B |
| Na (mg 100 g ⁻¹) | 3943 | 4,98 ± 1,09 ^{cA} | 5,78 ± 1,27 ^{cA} |
| | 3966 | 5,24 ± 1,03 ^{bA} | 4,65 ± 0,91 ^{dA} |
| | De Metro | 5,71 ± 0,24 ^{bA} | 5,80 ± 0,25 ^{cA} |
| | BRS Raíra | 6,86 ± 0,69 ^{aA} | 6,12 ± 0,62 ^{bA} |
| | BRS Lauré | 6,79 ± 1,15 ^{aA} | 7,04 ± 1,19 ^{aA} |
| | Média geral | 5,92 ± 0,84^A | 5,88 ± 0,85^A |
| Mg (mg 100 g ⁻¹) | 3943 | 65,07 ± 1,56 ^{cA} | 62,61 ± 1,50 ^{aA} |
| | 3966 | 90,19 ± 4,58 ^{aA} | 59,41 ± 3,02 ^{aB} |
| | De Metro | 73,11 ± 3,03 ^{bA} | 55,36 ± 2,30 ^{bB} |
| | BRS Raíra | 35,88 ± 0,26 ^{dB} | 41,24 ± 0,29 ^{cA} |
| | BRS Lauré | 37,82 ± 0,35 ^{dA} | 37,07 ± 0,34 ^{dA} |
| | Média geral | 60,41 ± 1,96^A | 51,14 ± 1,49^B |
| K (mg 100 g ⁻¹) | 3943 | 213,31 ± 15,09 ^{cA} | 181,89 ± 12,86 ^{aB} |
| | 3966 | 271,58 ± 12,26 ^{bA} | 186,03 ± 3,89 ^{aB} |
| | De Metro | 323,92 ± 16,33 ^{aA} | 144,16 ± 15,07 ^{bB} |
| | BRS Raíra | 125,09 ± 2,07 ^{eA} | 114,07 ± 1,89 ^{cB} |
| | BRS Lauré | 132,65 ± 3,61 ^{dA} | 121,74 ± 3,32 ^{dB} |
| | Média geral | 213,31 ± 9,27^A | 149,58 ± 7,41^B |
| P (mg 100 g ⁻¹) | 3943 | 82,68 ± 1,64 ^{cB} | 96,82 ± 1,91 ^{aA} |
| | 3966 | 106,77 ± 4,75 ^{aA} | 96,21 ± 4,28 ^{aB} |
| | De Metro | 103,95 ± 3,01 ^{bA} | 79,74 ± 2,30 ^{bB} |
| | BRS Raíra | 33,37 ± 1,98 ^{eB} | 45,34 ± 2,69 ^{dA} |
| | BRS Lauré | 50,56 ± 1,46 ^{dA} | 51,67 ± 1,51 ^{cA} |
| | Média geral | 75,47 ± 2,57^A | 73,96 ± 2,54^B |

Média (\bar{X}) de três repetições ± desvio padrão (DP). Letras minúsculas iguais nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelos testes *Tukey* e *t de Student* (p<0,05), respectivamente.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Os teores de Ca variaram de 29,08 g 100 g⁻¹ (BRS Lauré) a 56,94 mg 100 g⁻¹ (De Metro), com média geral de 42,29 mg 100 g⁻¹. Essa média é inferior às observadas nas vagens imaturas cruas de feijão-de-metro dos trabalhos de Engle (2008), com 64,00 mg 100 g⁻¹; Carnib (2017), com 60,12 mg 100 g⁻¹; Gerrano *et al.* (2017), com 62,63 mg 100

g^{-1} ; FoodData Central (2019), com $50,00 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$; Suma et al. (2021), com $72,00 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$; e Quamruzzaman *et al.* (2022), com $50,18 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$. Por outro lado, a média observada no presente trabalho é superior à reportada por Freitas *et al.* (2022), com $25,92 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$. A cultivar De Metro diferiu significativamente ($p < 0,05$) dos demais genótipos, com a maior média de Ca. Esse mineral é importante na ativação enzimática e funciona como constituinte dos ossos e dentes, e está envolvido na regulação da função nervosa e muscular (GERRANO *et al.*, 2017).

Os teores de Na variaram de $4,98 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ (3943) a $6,86 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ (BRS Raíra), com média geral de $5,92 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$. Essa média é superior às observadas em vagens imaturas cruas de genótipos de feijão-de-metro avaliados por Carnib (2017), com $3,68 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$; Gerrano *et al.* (2017), com média de $3,47 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$; FoodData Central (2019), com $4,00 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$; Freitas *et al.* (2022), com $1,30 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$; e Quamruzzaman *et al.* (2022), com $4,09 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$. As cultivares BRS Raíra e BRS Lauré diferiram significativamente ($p < 0,05$) dos demais genótipos, apresentando as maiores médias de Na. Esse mineral é o principal cátion do fluido extracelular e desempenha um papel importante na regulação do volume extracelular e do equilíbrio hídrico. Ele influencia a salinidade, aumenta os sabores e melhora as texturas dos alimentos. Globalmente, essas propriedades conferem ao Na o perfil de um nutriente que corre o risco de ser consumido em excesso. A alta ingestão alimentar de Na foi documentada em muitos países e a recomendação para reduzir seu consumo é uma questão de consenso entre as agências públicas. Estudos mostraram que 1,65 milhões de mortes anuais por causas cardiovasculares foram atribuídas à ingestão de sódio acima do nível de referência (2 g/dia) (TREMBLAY *et al.*, 2021). Neste sentido, a linhagem 3943, por apresentar o menor teor de Na, atende melhor a essa recomendação.

Os teores de Mg variaram de $35,88 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ (BRS Raíra) a $90,19 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ (3966), com média geral de $60,41 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$. Médias inferiores às observadas no presente trabalho foram observadas em vagens imaturas cruas de genótipos de feijão-de-metro por FoodData Central (2019), com $44,00 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$; Freitas *et al.* (2022), com $35,48 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$; e Quamruzzaman *et al.* (2022), com $43,54 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$. Valor similar foi reportado por Engle (2008), com $64,00 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$; e Carnib (2017), com $60,12 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$, ao avaliarem vagens imaturas cruas de genótipos de feijão-de-metro. A linhagem 3966 diferiu significativamente ($p < 0,05$) dos demais genótipos, com a maior média de Mg. Esse elemento atua como um cofator para mais de 300 enzimas, regulando uma série de funções fundamentais, como contração muscular, condução neuromuscular, controle

glicêmico, contração miocárdica e pressão arterial (ALAWI; MAJONI; FALHAMMAR, 2018).

Os teores de K variaram de 125,09 g 100 g⁻¹ (BRS Raíra) a 323,92 mg 100 g⁻¹ (De Metro), com diferença significativa entre as amostras (p<0,05) e média geral de 213,31 mg 100 g⁻¹. Médias inferiores foram observados em vagens imaturas cruas de genótipos e feijão-de-metro nos trabalhos de e Carnib (2017), com 189,30 mg 100 g⁻¹; e Freitas *et al.* (2022), com 184,60 mg 100 g⁻¹. Médias semelhantes à observada no presente trabalho foram reportadas por FoodData Central (2019), com 240,00 mg 100 g⁻¹; e Quamruzzaman *et al.* (2022), com 238,72 mg 100 g⁻¹. A cultivar De Metro diferiu significativamente (p<0,05) dos demais genótipos, com a maior média de K. Esse elemento é um importante eletrólito intracelular envolvido na regulação da pressão arterial, contração muscular e transmissão nervosa em humanos (KUMSSA; JOY; BROADLEY, 2021).

Os teores de P variaram de 45,34 mg 100 g⁻¹ (BRS Raíra) a 96,82 mg 100 g⁻¹ (3943), com média geral de 73,96 mg 100 g⁻¹. Essa média é superior à verificada por Engle (2008), com 54,00 mg 100 g⁻¹; Carnib (2017), com 67,28 mg 100 g⁻¹; FoodData Central (2019), com 59,00 mg 100 g⁻¹; Suma *et al.* (2021), com 59,00 mg 100 g⁻¹; e Freitas *et al.* (2022), com 48,31 mg 100 g⁻¹. A linhagem 3966 diferiu significativamente (p<0,05) dos demais genótipos, apresentando a maior média de P. Esse elemento desempenha funções vitais nos tecidos esqueléticos e não esqueléticos e é essencial para a produção de energia (BIRD; ESKIN, 2021).

Os teores de Ca nas vagens cozidas variaram de 29,14 g 100 g⁻¹ (De Metro) a 38,07 g 100 g⁻¹ (BRS Raíra), com média geral de 33,79 g 100 g⁻¹. A cultivar BRS Raíra diferiu significativamente (p<0,05) dos demais genótipos com a maior média de Ca. Os teores de Na nas vagens cozidas variaram de 4,65 mg 100 g⁻¹ (3966) a 7,04 mg 100 g⁻¹ (BRS Lauré), com média geral de 5,88 mg 100 g⁻¹. A cultivar BRS Lauré diferiu significativamente (p<0,05) dos demais genótipos, com o maior teor de Na, enquanto a linhagem 3966, o menor teor. Os teores de Mg variaram de 37,07 g 100 g⁻¹ (BRS Lauré) a 62,61 mg 100 g⁻¹ (3943), com média geral de 51,14 mg 100 g⁻¹. A linhagem 3966 diferiu significativamente (p<0,05) dos demais genótipos, apresentando a maior média de Mg. Os teores de K variaram de 114,07 g 100 g⁻¹ (BRS Raíra) a 186,03 mg 100 g⁻¹ (3966), com média geral de 149,58 mg 100 g⁻¹. A cultivar De Metro diferiu significativamente (p<0,05) dos demais genótipos com a maior média de K. Os teores de P variaram de 50,56 g 100 g⁻¹ (BRS Lauré) a 106,77 mg 100 g⁻¹ (3966), com média geral de 75,47 mg 100g⁻¹.

A linhagem 3966 diferiu significativamente ($p < 0,05$) dos demais genótipos, com a maior média.

Igualmente aos microminerais, trabalhos avaliando os teores de macrominerais nas vagens imaturas de feijão-de-metro após a cocção não foram reportados na literatura. Valores superiores aos observados no presente trabalho foram reportados em grãos imaturos cozidos de feijão-caupi por Gomes *et al.* (2024) para os teores de Ca ($67,84 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), Mg ($96,33 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), K ($170,50 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) e P ($257,01 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$); e em grãos secos cozidos por Barros (2014), para os teores de Ca ($46,00 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), Mg ($64,63 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), P ($231,75 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), K ($569,25 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) e Na ($12,88 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$). Em relação aos dados da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (NEPA, 2011), para os grãos cozidos de feijões, os teores de minerais variaram no feijão-de-metro. Teores de minerais inferiores e superiores aos observados na literatura são devido a fatores genéticos intrínsecos ao genótipo, às condições edafoclimáticas e manejo do cultivo e formas de cozimento.

Entre os tratamentos vagens cruas e vagens cozidas para os macrominerais, considerando a média geral, observou-se diferença significativa ($p < 0,05$) para os teores de Ca, Mg, K e P, com diminuição desses minerais após o cozimento. Considerando a média do teor de Ca em cada genótipo, o cozimento provocou um comportamento diferencial, ocorrendo diminuição nos genótipos 3943, 3966 e De Metro, e aumento nas cultivares BRS Raíra e BRS Lauré. Com relação ao teor de Na, os genótipos não sofreram influência do cozimento e se comportaram similarmente nas vagens cruas e cozidas. Considerando o teor de Mg em cada genótipo, o cozimento afetou de forma bastante variável, não afetando nos genótipos 3943 e BRS Lauré, que mantiveram os teores nas vagens cruas e cozidas, mas provocou diminuição nos genótipos 3966 e De Metro e aumento na cultivar BRS Raíra. Com relação à média do teor de K em cada genótipo, o cozimento provocou diminuição em todos os genótipos. Considerando o teor de P em cada genótipo, o cozimento teve comportamento bem variável, provocando aumento nos genótipos 3943 e BRS Raíra, diminuição nos genótipos 3966 e De Metro, mas não afetando a cultivar BRS Lauré, que manteve os teores após o cozimento.

Em comparação com os teores de minerais observados em grãos crus de feijões, os teores de minerais em vagens imaturas cruas foram menores, conforme dados da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (NEPA, 2011). Isso é explicado pelo fato de as vagens de feijão-de-metro serem colhidas na fase imatura, onde estão em pleno desenvolvimento. Verificou-se neste estudo que as vagens imaturas de feijão-de-metro

contêm teores consideráveis de vários minerais, principalmente K, Ca, Fe e P. As variações nos teores de minerais, tanto entre os mesmos genótipos quanto em genótipos diferentes, estão relacionadas com a variabilidade genética, as condições de cultivo e desenvolvimento, os fatores ambientais e geográficos associados e o processamento (BEZERRA et al., 2019).

O aumento nos teores de minerais nos genótipos de feijão-de-metro após cozimento, pode ser explicado, por esses estarem presentes nos alimentos tanto na forma isolada como combinada com outras substâncias (proteínas ou compostos antinutricionais), que após o cozimento pode ser descomplexados e liberados. Já a redução, que ocorreu somente nos macrominerais, é justificado pelo processo de cozimento. Os valores médios de perdas foram pequenos, pelo fato de o cozimento ter sido rápido e a vapor, onde as perdas nutricionais são bem menores. Apesar de alguns genótipos nos macrominerais terem apresentados perdas, as vagens de feijão-de-metro mantiveram os teores elevados dos minerais após a cocção. Destacou-se entre as vagens imaturas cozidas, a linhagem 3966, com os maiores teores de Fe ($1,95 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$), Zn ($1,45 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$), Mn ($0,68 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) e K ($186,03 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$); e a linhagem 3943, com os maiores teores de Cu ($0,27 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$), Mg ($62,61 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) e P ($96,82 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$).

A composição química dos alimentos de origem vegetal é influenciada pelos fatores intrínsecos e extrínsecos como as características genéticas da planta, a fertilidade do solo e o ambiente de cultivo; como também pelas condições de processamento empregadas, como a quantidade da água, tempo e temperatura de cozimento, que podem favorecer a lixiviação e solubilização dos minerais de (BEZERRA et al., 2019). Ramírez-Cárdenas, Leonel e Costa (2008) constataram que os processamentos, como cozimento e maceração, influenciam no teor dos minerais como o Ca, Cu, Fe, Mn e Zn de diferentes formas, dependendo da cultivar analisada.

Valores diários de referência (VDR)

Um indivíduo saudável deve consumir, diariamente, para atender as exigências de minerais, conforme Brasil (2020), 14 mg de Fe; 11 mg de Zn; 3 mg de Mn; 0,9 mg de Cu; 1.000 mg de Ca; 2.000 mg de Na; 420 mg de Mg; 3.500 mg de K; 700 mg de P e 0,06 mg de Se. Desse modo, 100 g das vagens imaturas cruas e cozidas dos genótipos de feijão-de-metro analisadas neste trabalho atendem em média, respectivamente, 8,3% e 9,1% do VDR de Fe; 9,6% e 9,8% do VDR de Zn; 11,6% e 13,0% de VDR de Mn; 24,4% e 25,5% do VDR de Cu; 4,2% e 3,4% do VDR de Ca; 0,3% e 0,3% do VDR de Na; 14,2% e 14,2%

do VDR de Mg; 6,1% e 4,3% do VDR de K e 10,8% e 10,6% do VDR de P e 300% e 316,6% do VDR de Se.

A Instrução Normativa - IN n.º 75/2020, define que para um alimento ser classificado com alto conteúdo ou fonte de mineral, o teor no alimento deve ser, no mínimo, 30% e 15% do seu VDR, respectivamente. Com isso, somente o Cu foi classificado como fonte; e o Se como alto teor desse mineral nos genótipos de feijão-de-metro avaliados nesta pesquisa. Os outros minerais não apresentaram alegação nutricional. Os minerais presentes nos feijões são responsáveis na sua maioria pela ingestão desse nutriente na população, uma vez que, apresentam menor custo em relação a outros alimentos, sendo mais consumidas em países em desenvolvimento.

CONCLUSÃO

Os genótipos de feijão-de-metro avaliados apresentam variabilidade para os teores de micro e macrominerais nas vagens imaturas cruas e cozidas. O cozimento influencia de forma diferente os teores de minerais, com aumento nos teores de ferro e manganês e redução nos teores de cálcio, magnésio, potássio e fósforo. Na média geral, o cozimento não afetou os teores de zinco, cobre, selênio e sódio; no entanto, alguns genótipos foram afetados pelo cozimento para esses minerais. A linhagem 3966 apresenta os maiores teores de ferro (cru e cozido), zinco (crua e cozido), manganês (cru e cozido), cobre (cru), magnésio (cru) e fósforo (cru). A linhagem 3943 apresenta os maiores teores de cobre (cozido), selênio (cru e cozido), magnésio (cozido) e fósforo (cozido). A cultivar De Metro destaca-se em cálcio e potássio (cru) e a cultivar BRS Raíra, para cálcio (cozido). As cultivares BRS Raíra e Lauré apresentam os maiores teores de sódio (cru e cozido), mas os teores estão dentro do recomendado. O teor de cobre observado nos genótipos de feijão-de-metro é classificado como fonte, o selênio como alto teor e o sódio representa apenas 0,3% do valor máximo permitido pela legislação, não oferecendo riscos à saúde do consumidor. As linhagens 3943 e 3966 apresentam consideráveis teores de macro e microminerais e, portanto, potencial para recomendação como cultivares biofortificadas para o mercado de feijão-vagem, constituindo-se em excelente alimento para o consumo da população nordestina, podendo ser incorporado à dieta ou utilizado em programas de combate à desnutrição.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Piauí (UFPI), pelo suporte financeiro e estrutural na condução de parte das análises laboratoriais; à Embrapa Meio-Norte, pelo suporte financeiro (projeto código 20.22.01.011.00.00) e estrutural (cultivo dos genótipos e parte das análises laboratoriais); à Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA), pelo fomento para a realização da pesquisa (Programa Mais Qualificação); e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA) pela concessão da dedicação exclusiva do primeiro autor para cursar o doutorado.

REFERÊNCIAS

ALAWI, A. M. A.; MAJONI, S. W.; FALHAMMAR, H. Magnesium and human health: perspectives and research directions. **International Journal of Endocrinology**, ID 9041694, 2018.

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

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa N° 75, de 8 de outubro de 2020. Estabelece os requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional nos alimentos embalados. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, edição 195, p. 113-124, out. 2020 Disponível em: http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/3882585/IN+75_2020_.pdf/7d74fe2d-e187-4136-9fa2-36a8dcfc0f8f. Acesso em: 22 ago. 2024.

BEZERRA, J. M. *et al.* Composição química de oito cultivares de feijão-caupi. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, Paraíba, v. 14, n. 1, p. 41-47, jan./mar. 2019.

BIRD, R. P.; ESKIN, N. A. The emerging role of phosphorus in human health. *In*: ESKIN, N. A. (Ed.) **Advances in Food and Nutrition Research**, v. 96, Cap. 2, p. 27-88, 2016.

BOST, M. *et al.* Dietary copper and human health: current evidence and unresolved issues. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, v. 35, p. 107-115, 2016.

CARNIB, L. P. D. A. **Caracterização da composição centesimal, minerais, e aceitação sensorial de genótipos de feijão-de-metro (*Vigna unguiculata ssp Sesquipedalis*)**. 2017. 76 p. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) - Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição, Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2017.

DUARTE, E. C. P. S. *et al.* Qualidade nutricional e de cozimento dos grãos de diferentes classes comerciais de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.). **Revista Observatorio de La Economía Latinoamericana**, Curitiba, Paraná, v. 22, n. 2, p. 01-27. fev. 2024.

ENGLE, L. M. **Know your IVs: yardlong bean**. Tainan, Taiwan: Unidade de Recursos Genéticos e Sementes do World Vegetable Center (AVRDC), 2008. Folheto. Disponível em: <https://vtechworks.lib.vt.edu/items/59f81f4a-b50e-4b7e-91fe-59b91c935aa1>. Acesso em: 21 jun. 2024.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The state of food insecurity in the world**. Rome: FAO, 2004.

FAOSTAT - Statistics Division Food and Agriculture Organization of the United Nations. Food and agriculture data. 2021. **Production/crops - 'string bean', year 2021**. Rome: FAO, 2021. Disponível em: <https://data.un.org/Data.aspx?d=FAO&f=itemCode%3a423>. Acesso em: 27 out. 2024.

FOODDATA CENTRAL. **Yard beans, raw**. United States Department of Agriculture, 2019. Disponível em: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/169222/nutrients>. Acesso em: 21 jun. 2024.

FREIRE FILHO, F. R.; QUEIROZ, V. (Ed.) **Feijão-caupi na Embrapa Meio-Norte: melhoramento, cultivares lançadas, genealogias e base genética**. Brasília, DF: Embrapa, 2023. 1039 p.

FREITAS, A. F. *et al.* **Estudo comparativo da composição nutricional de genótipos de feijão-de metro**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2022. 23 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Embrapa Amazônia Oriental, 159).

GERRANO, A. S. *et al.* Nutritional composition of immature pods in selected cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] genotypes in South Africa. **Australian Journal of Crop Science**, v. 11, n. 2, p. 134-141, 2017.

GOMES, F. O. *et al.* Composição química e mineral dos grãos imaturos crus e cozidos de genótipos de feijão-caupi. **Revista Caatinga**, v. 37, e11727, 2024.

JAYATHILAKE, C. *et al.* Cowpea: an overview on its nutritional facts and health benefits. **Journal of the Science of Food Agriculture**, v. 98, p. 4793-4806. 2018.

KANO, C. *et al.* **Produção e nutrição do feijão-de-metro cultivado com biofertilizante**. Manaus, AM: Embrapa Amazônia Ocidental, 2018. 25 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Embrapa Amazônia Ocidental, 25).

KUMSSA, D. B.; JOY, E. J. M.; BROADLEY, M. R. Global trends (1961-2017) in human dietary potassium supplies. **Nutrients**, v. 13, ID 1369, 2021.

LANZA, M. G. D. B. *et al.* Assessment of selenium spatial distribution using μ -XFR in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) plants: Integration of physiological and

biochemical responses. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 207, e111216, 2021.

MANJESH, M. *et al.* Effect of plant densities and different environments on productivity and profitability of yardlong bean (*Vigna unguiculata* sub sp. *sesquipedalis*). **Legume Research**, v. 42, n. 3, p. 348-353, 2019.

MOREIRA, ARAÚJO, R. S. R.; BRANDÃO, A. C. A. S. Foods produced with cowpea flour as a strategy to control iron deficiency anemia in children. *In*: KHAN, J. (Ed.). **Current topics in anemia**. London: InTech, 2018. cap.13, p. 257-272.

NEPA – Núcleo de estudos e pesquisa em alimentação. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos / NEPA - UNICAMP**. 4. ed. rev. e ampl., Campinas: NEPA-UNICAMP, 2011. 161 p.

OLIVEIRA, A. M. C. **Desenvolvimento e caracterização sensorial, nutricional e funcional de crepes suíço elaborados a partir de farinha integral de feijão-caupi**. 2022. 138 p. Tese (Doutorado em Alimentos e Nutrição) - Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2022.

QUAMRUZZAMAN, A. K. M. *et al.* Evaluation of the quality of yard-long bean (*Vigna unguiculata* subsp. *Sesquipedalis* L.) cultivars to meet the nutritional security of increasing population. **Agronomy**, v. 12, n. 9, e2195, 2022.

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

RODRIGUES, M. C. S. F. *et al.* Avaliação preliminar e caracterização morfoagronômica de acessos de feijão-de-metro [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.], cv-gr. *Sesquipedalis*, no município de Belém, Pará. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 4., 2016, Sorriso. **Feijão-caupi: avanços e desafios tecnológicos e de mercado**: resumos. Brasília, DF: Embrapa, 2016. p. 141.

SAS - Statistical Analysis System. **SAS/Stat Software**. v. 12.1. Cary, NC, USA: SAS Institute Inc., 2012.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos**: métodos químicos e biológicos. 3 ed. Viçosa: UFV, 2002. 235 p.

SILVA, M. B. O. *et al.* Technological quality of grains of common beans selected genotypes from the carioca group. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, Paraná, v. 37, n. 4, p. 1721-1732, jul./ago. 2016.

SUMA, A. *et al.* Yard-long bean. *In*: PRATAP, A.; GUPTA, S. **The beans and the peas: from orphan to mainstream crops**. Cambridge, Elsevier, 2021. chap. 8. p.153-171.

TREMBLAY, A. *et al.* Sodium and Human Health: what can be done to improve sodium balance beyond food processing? **Nutrients**, v. 16, n. 8, e1199, 2024.

VELLOZO, E. P.; FISBERG, M. O impacto da fortificação de alimentos na prevenção da deficiência de ferro. **Revista Brasileira de Hematologia e Hemoterapia**, v. 32, supl. 2, p. 134-139, 2010.

XIA, Q. *et al.* The genome assembly of asparagus bean, *Vigna unguiculata* ssp. *Sesquipedialis*. **Scientific Data**, v. 6, ID 124, 2019.

XU, P. *et al.* Genomic regions, cellular components and gene regulatory basis underlying pod length variations in cowpea (*V. unguiculata* L. Walp). **Plant Biotechnology Journal**, v. 15, p. 547-557, 2017.

YANG, Y. *et al.* A near-complete assembly of asparagus bean provides insights into anthocyanin accumulation in pods. **Plant Biotechnology Journal**, v. 21, p. 2473-2489, 2023.

WHO - World Health Organization. **Guideline: use of multiple micronutrient powders for home fortification of foods consumed by infants and children 6-23 months of age**. Geneva: WHO, 2011.