CAPÍTULO 13: DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS DA COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DE FARINHA DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris*) BIOFORTIFICADA E A INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO TÉRMICO

CHAPTER 13: DETERMINATION OF NUTRITIONAL COMPOSITION PARAMETERS OF BIOFORTIFIED BEAN (*Phaseolus vulgaris*) FLOUR AND THE INFLUENCE OF HEAT TREATMENT

Natália Hortência Costa Souza¹; Aryane Stéffani Araújo Custódio²; Gabriel Silvério Filbido³; Fabricio Barros Brum⁴; Camila Gabriel Kato Schwartz⁵

Resumo

A desnutrição é um dos grandes problemas do Brasil, uma das estratégias para o combate à desnutrição é o consumo de alimentos ricos em vitamínicos e minerais. O feijão (*Phaseolus vulgaris*) é um dos alimentos mais consumidos no país e o desenvolvimento de um novo produto como a farinha de feijão fortificada é uma estratégia simples, eficaz e de baixo custo que pode vir a suprir as deficiências nutricionais de ferro da população brasileira. Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi realizar a determinação de parâmetros da composição nutricional como os teores de umidade, cinzas, lipídeos, proteínas, Fe total, Fe (II) e Fe (III) de farinha de feijão biofortificada *in natura* e submetida à tratamento térmico à 50°C. O processo de secagem influenciou na umidade, no teor de Fe total e Fe (II) contudo, não diferiu o teor de cinzas, lipídeos, proteínas e no teor de Fe (III). Constatamos que a composição nutricional da farinha de feijão (*Phaseolus vulgaris*) biofortificada foi afetada positivamente pelo tratamento térmico à 50°C com aumento do teor de Fe total e Fe (II) tornando o produto com valor nutricional mais elevado mostrando ser um processo promissor para diminuir a incidência de desnutrição no Brasil.

Palavras-Chaves: Feijão, *Phaseolus vulgaris*, biofortificação, anemia, desnutrição.

Abstract

Malnutrition is one of the major problems in Brazil and one of the strategies to combat malnutrition is the consumption of foods rich in vitamins and minerals. Beans (*Phaseolus vulgaris*) is one of the most consumed foods in the country and the development of a new product such as fortified bean flour is a simple, effective and low-cost strategy that can supply the iron deficiencies of the Brazilian population. Thus, the objective of this work was to determine the parameters of the nutritional composition, such as moisture, ash, lipids, proteins, total Fe, Fe (II) and Fe (III) levels of fresh biofortified bean flour and submitted to heat treatment at 50°C. The drying process influenced the humidity, the total Fe and Fe (II) content, however, the ash, lipid, protein content and Fe (III) content did not differ. Thus, the nutritional composition of biofortified bean flour (*Phaseolus vulgaris*) was positively affected by heat treatment at 50°C with an increase in the total Fe content and Fe (II) making the product with a

¹Discente em Engenharia de Alimentos, Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT, nataliahcsouza@hotmail.com

²Discente em Engenharia de Alimentos, Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT, aryanesac06@outlook.com

³Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Docente na Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT, gabrielfilbido@hotmail.com

⁴Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Docente na Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT, fabricio_b_brum@yahoo.com.br

⁵Doutora em Ciência de Alimentos, Docente na Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT, camilagkato@hotmail.com

higher nutritional value demonstrating to be a promising process to decrease the malnutrition incidence in Brazil.

Keywords: Beans, *Phaseolus vulgaris*, biofortification, anemia, malnutrition.

Introdução

Países em desenvolvimento apresentam consideráveis índices de desnutrição, sendo que o fornecimento de alimentos com teores apreciáveis de macro e micronutrientes seria uma das principais estratégias para o enfrentamento deste problema (PLANTIER, 2010; UNICEF, 2019).

A anemia ferropriva é uma doença causada pela carência nutricional de ferro, micronutriente essencial para a manutenção de diversos processos fisiológicos vitais, considerada um dos maiores problemas enfrentados pela saúde pública brasileira. Assim, a fortificação alimentar tem sido uma das opções para complementar e elevar os níveis de micronutrientes na alimentação, podendo-se obter alimentos com maiores teores de ferro (QUEIRÓZ e TORRES, 2000; LÍBERA et al., 2008; FILBIDO, 2020).

O feijão (*Phaseolus vulgaris*) é considerado boa fonte de proteínas, carboidratos, fibras, vitaminas e, minerais tais como ferro (Fe) , cálcio (Ca), magnésio (Mg) , fósforo (P) e zinco (Zn) (SILVA, ROGGA e CANNIATTI, 2009; VELLOZO e FISBERG, 2010). É consumido geralmente, na forma de grão cozido, uma vez que há poucas opções de produtos derivados do feijão no mercado brasileiro. Dessa forma, torna-se interessante o desenvolvimento de novos alimentos à base de feijão, sobretudo, aqueles enriquecidos com ferro. A farinha de feijão biofortificada se apresenta como um dos produtos com maior potencial de aplicação podendo ser utilizada como ingrediente principal para a elaboração de diversos produtos alimentícios nutricionalmente diferenciados, que além de suprir a carência nutricional atenderia a demanda de mercado.

Este produto se constitui em uma estratégia simples, eficaz e de baixo custo, capaz de satisfazer as necessidades nutricionais de micronutrientes como o ferro na alimentação da população brasileira (SILVA, ROGGA e CANNIATTI, 2009; VELLOZO e FISBERG, 2010; CONAB, 2019).

A biofortificação consiste em uma técnica que possibilita o aumento do valor nutricional dos alimentos através do incremento do conteúdo de micronutrientes, como vitaminas e minerais específicos. Pode ser realizada através da engenharia genética ou do melhoramento convencional de plantas, modificando-se a composição dos alimentos sem que haja qualquer

alteração das características sensoriais ou da aparência dos mesmos. Podendo ser consumidos em suas formas originais ou como ingredientes para a elaboração de outros alimentos (ZANCUL, 2004).

Desta forma, a utilização da farinha de feijão biofortificada em alimentos poderá enriquecê-los e proporcionar uma maior qualidade nutricional para os consumidores. Porém, os efeitos da temperatura ou mesmo de processos de secagem poderão conduzir à redução das disponibilidades das proteínas, aumento da dureza, como também, no tempo de cocção em grão. A qualidade nutricional dos mesmos se mostra melhor, quando não são mantidos sob temperaturas mais elevadas, principalmente quanto aos teores de proteínas e minerais (BRAGANTINI, 1996; AVILA et al., 2015).

O armazenamento em ambientes não controlados de temperatura e umidade é um fator que pode prejudicar a qualidade final destes produtos, aumentando a deterioração e a perda quantitativa pelo ataque microbiano, de pragas e pelo próprio metabolismo dos grãos. Os grãos com maiores teores de água possuem maior taxa respiratória e com isso maior degradação de suas reservas (BRAGANTINI, 1996; OLIVEIRA, 2008; OLIVEIRA et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2013; AVILA et al., 2015; MOTA, 2016).

Desse modo, uma temperatura elevada pode acarretar perdas da qualidade do produto, devido à redução dos níveis de proteínas, provavelmente causada pela desaminação, reações de hidrólise, descarboxilação e complexação com outros componentes presentes no meio (BRAGANTINI, 2005; FARONI et al., 2005; OLIVEIRA, 2008; CHIDANANDA et al., 2014; AVILA et al., 2015; MOTA, 2016).

Além das implicações mencionadas, poderá ocorrer também, degradação lipídica através de processos oxidativos. Uma vez que a porosidade destes materiais, favorece a deposição de oxigênio no meio. Por outro lado, a intensificação dos processos respiratórios endógenos destas matrizes vegetais pode acelerar reações deteriorativas diversas, as quais podem ser intensificadas por teores de umidade inadequados (acima de 13%), bem como por ambientes com temperaturas elevadas, usualmente acima de 20 °C (BRAGANTINI, 2005; FARONI et al., 2005; OLIVEIRA, 2008; CHIDANANDA et al., 2014; AVILA et al., 2015; MOTA, 2016).

Considerando estes aspectos há a premente necessidade de se estender a vida útil dos produtos (vida de prateleira) e, evitar perdas nutricionais através da redução das alterações bioquímicas no pós-colheita de grãos, ou no pós-processamento de seus derivados. Assim, a temperatura pode ser considerada como o fator físico de maior importância na conservação uma

vez que, a maioria das reações químicas são aceleradas com o aumento da temperatura (SIQUEIRA et al., 2013; NJORGE et al., 2014; CHIGWEDERE et al., 2018).

Pautados no exposto e, considerando que até o momento, não se verifica na literatura dados sobre efeitos das condições de armazenamento da farinha de feijão biofortificada, o presente trabalho teve como objetivo realizar a determinação de parâmetros da composição nutricional de farinha de feijão (*Phaseolus vulgaris*) biofortificada *in natura* e submetida à tratamento térmico à 50°C. Foram avaliados os teores de umidade, cinzas, lipídeos, proteínas, Fe total, Fe (II) e Fe (III).

Material e Métodos

Utilizou-se o feijão (*Phaseolus vulgaris*) classificado como cultivar BRS Campeiro de grão preto biofortificado com ferro da safra de 2018/2019 fornecido pelo campo experimental da Empresa Mato-Grossense de Pesquisa, Assistência e Extensão Rural (EMPAER) de Tangará da Serra - MT.

Para a obtenção da farinha de feijão, fez-se a limpeza e seleção dos mesmos, com a remoção de corpos estranhos, grãos quebrados, chochos, ardidos ou com outros defeitos. O quarteamento foi realizado a fim de se separar uma quantidade representativa de grãos para a realização dos procedimentos experimentais subsequentes. Os grãos selecionados foram totalmente triturados em moinho de facas, até a obtenção de uma fração fina e homogênea. A farinha obtida foi armazenada em embalagens de polietileno, fechadas e mantidas em ambiente fresco, seco, ao abrigo da luz e livre do acesso de insetos e roedores até a realização dos procedimentos experimentais.

O tratamento térmico da farinha de feijão biofortificada foi realizado em estufa com circulação de ar à temperatura de 50°C durante 24 horas.

As análises de umidade foram realizadas pelo método de secagem em estufa a 105°C, até peso constante conforme a metodologia do Manual e Normas Analíticas do Instituto Adolf Lutz (IAL, 2005).

As cinzas foram determinadas a partir das amostras presentes nos cadinhos provenientes da análise de umidade, foram incinerados em forno mufla a 550°C até que ficassem brancas ou ligeiramente acinzentadas. As amostras foram resfriadas e pesadas (IAL, 2005).

O processo de determinação do conteúdo de lipídeos foi realizado por extração à quente, utilizando-se como solvente éter de petróleo em equipamento de Soxhlet. As amostras previamente dessecadas à 105°C foram acondicionadas em cartuchos de papel filtro e

introduzidas no extrator. O processo foi conduzido por um período de seis horas após, o sistema foi desligado e o excesso de solvente recuperado. O balão coletor, com o extrato etéreo, seguiu para estufa a 105°C, onde permaneceu por 3 horas. A seguir foi resfriado à temperatura ambiente e pesado, sendo o teor de lipídeos determinados gravimetricamente conforme normas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2005).

Para determinação de proteínas utilizou-se o método de Kjeldahl, adicionou-se 15 mL de ácido sulfúrico concentrado e 1 g de mistura catalítica (sulfato de cobre e sulfato de potássio) à 0,2g de amostra em tubo de digestão de micro-Kjeldahl. A seguir, a mistura foi digerida em bloco digestor à temperatura de 400 °C até que a solução ficasse translúcida. A solução foi destilada à quente com arraste de vapor em meio fortemente alcalino de hidróxido de sódio a 40% para que o sulfato de amônio libere amônia. O nitrogênio volátil resultante foi capturado em solução de ácido bórico. Posteriormente, o borato de amônio resultante foi titulado com solução padronizada de ácido clorídrico 0,02 mol/L (DETMANN et al., 2012).

Para quantificação de Fe (II) e Fe total foi utilizado o método colorimétrico da orto-fenantrolina, proposto por Mendham et. al (2000). As análises foram realizadas em triplicata, as amostras contendo 2g foram aquecidas em forno mufla por 550°C até a digestão completa da matéria orgânica. Os resíduos oriundos da calcinação foram digeridos em água destilada, ácido clorídrico (HCl) concentrado, ácido nítrico (HNO³) concentrado, foram tampados com vidro relógio para então, serem submetidos ao aquecimento em banho de areia por 30 minutos. Após a digestão, foi realizada a determinação de ferro utilizando solução de Fe (II), solução de fenantrolina e solução tampão de acetato de sódio. Para determinação de Fe total nas amostras calcinadas e digeridas foram utilizadas solução de ferro, solução de fenantrolina, cloridrato de hidroxilamina e solução tampão de acetato de sódio. Posteriormente, as leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 515 nm.

Utilizou-se o procedimento para determinação de Fe (III) proposto por Mendham et al. (2000), consistindo em um método colorimétrico de tiocianato de potássio (SCN⁻). As amostras foram digeridas como na metodologia de Fe (II) e Fe total, sendo preparadas solução tampão de sulfato férrico amoniacal FeNH₄(SO₄)₂ 1,792x10⁻³ mol/L, solução de ácido nítrico (HNO³) 4,0 mol/L, solução de tiocianato de potássio (SCN⁻) 2,0 mol/L e água destilada. O ânion tiocianato (SCN⁻) atua como agente complexante por meio de espectrofotometria UV-Visível, sendo a determinação realizada em comprimentos de onda de 450 nm.

Todos os parâmetros avaliados foram submetidos à análise de variância pelo teste t de Student, a um nível de significância igual ou inferior a 5% realizada no programa GraphPad

Prism 8.

Resultados e Discussão

Os resultados da determinação dos parâmetros da composição nutricional de farinha de feijão biofortificada *in natura* e submetida à tratamento térmico à 50°C, referentes aos conteúdos de umidade, cinzas, lipídeos, proteínas são apresentados na Figura 1 e o teor de Fe total, Fe (II) e Fe (III) estão presentes na Figura 2.

Figura 1. Teores de umidade, cinzas, lipídeos e proteínas (%) presentes nas farinhas de feijão biofortificadas *in natura* e submetida à tratamento térmico à 50°C.

Fonte: Própria (2020).

* As médias diferem significativamente entre si pelo teste t de Student a 5% de significância.

** Resultados expressos em matéria seca.

O teor de umidade é apresentado na Figura 1, no qual percebe-se que as médias das amostras diferiram significativamente entre si. Os valores de umidade foram de 14,07% e 10,65% para as amostras tratada à 50°C e *in natura*, respectivamente.

A amostra submetida ao tratamento térmico à 50°C mostrou-se com umidade mais elevada. Tais características podem ser atribuídas às possíveis alterações estruturais na farinha em função da aplicação de calor, causando assim, uma maior porosidade do material. O principal efeito da secagem nos grãos é a perda de água e com isso têm-se alterações nas características físicas dos mesmos, gerando a presença de espaços vazios no seu interior e aumento de sua porosidade (ARAÚJO et al., 2014). Assim, levanta a hipótese de que o maior

teor de umidade para a farinha tratada à 50°C seja decorrente de uma possível formação de poros e espaços vazios na massa de farinha, os quais associados à umidades atmosféricas mais elevadas, podem resultar em uma maior absorção de umidade do meio para o interior do material analisado culminando assim, em um maior teor de água quando comparado a farinha *in natura*.

Esse comportamento anômalo corrobora para o fato de que a exposição destes produtos à temperaturas mais elevadas podem ocasionar a perda de qualidade dos mesmos, uma vez que, conforme observado, elevou-se a umidade daquele material submetido à temperatura de 50°C. Um fator determinante para a qualidade do produto é o armazenamento em condições adequadas, ou seja, é necessário o controle da temperatura e umidade pois, sem o controle desses parâmetros o produto fica mais susceptível à deterioração devido ao ataque de pragas, ataque microbiano, e também devido as alterações metabólicas do produto (BRAGANTINI, 1996; OLIVEIRA et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2013).

Concomitantemente, em se tratando de grãos, observa-se que maiores teores de água têm-se maiores taxas respiratórias e conseqüentemente, maiores degradações das reservas energéticas dos mesmos, potencializando os processos deteriorativos dos grãos. Essa situação é agravada em temperaturas superiores a 20 °C e quando se tem teores de água acima de 11-13% (BRAGANTINI, 1996; BRAGANTINI, 2005; FARONI et al., 2005; OLIVEIRA, 2008; OLIVEIRA et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2013).

Sabe-se que entre a colheita e o consumo, muitas vezes os grãos são armazenados sob condições ambientes. Considerando que o Brasil é um país tropical, no qual as temperaturas e umidade relativa do meio são muitas vezes elevadas e impróprias para o armazenamento, essas condições acabam intensificando a perda da qualidade dos grãos, tornando-os mais endurecidos o que aumenta o tempo de cocção, além de mudanças indesejáveis no sabor e textura (CHIARADIA e GOMES, 1997; GOMES e SILVA, 2003; SILVEIRA 2011).

Níveis de umidades em desacordo com as recomendações técnicas resultam em grandes perdas na estabilidade química e microbiológica, alterando assim, a qualidade geral dos alimentos (CHIARADIA e GOMES, 1997). Adicionalmente, farinhas que apresentam médias de umidade superiores a 15% estão mais susceptíveis ao desenvolvimento de microrganismos, como leveduras e fungos, isto pode acarretar a diminuição de sua vida útil (CHIARADIA e GOMES, 1997; GOMES e SILVA, 2003; SILVEIRA 2011).

Segundo Brasil (2005), o valor máximo permitido para teor de umidade de farinhas é de 15%, sendo assim, ambas as farinhas de feijão biofortificadas avaliadas no presente trabalho

enquadram-se neste requisito estando dentro dos padrões exigidos pela legislação brasileira.

As cinzas referem-se ao resíduo mineral fixo formado por resíduos inorgânicos remanescentes após a completa combustão da matriz orgânica de uma amostra de alimento refletindo assim, o conteúdo total de minerais do alimento (BRIGIDE, 2002; SILVA e QUEIROZ, 2006).

O processamento térmico aplicado no presente trabalho, praticamente não alterou o conteúdo de cinzas das amostras (Figura 1), pois não houve diferença significativa entre os conteúdos dessa fração. A farinha de feijão submetida ao tratamento térmico apresentou 2,43% de cinzas e a *in natura*, 2,42%.

Conforme a literatura, as maiores perdas no conteúdo de minerais ocorrem durante a cocção, podendo atingir até 3% (BRIGIDE, 2002; SILVA e QUEIROZ, 2006).

Ramírez-Cárdenas, Leonel e Costa (2008), ao avaliarem os teores de cinzas em cinco cultivares de feijão, obtiveram resultados variando de 3,36 a 4,22%, valores mais elevados que os encontrados no presente estudo. Da mesma forma, Gomes et al. (2006), avaliando a composição centesimal de farinha de feijão cru, encontraram 3,23% de cinzas.

De modo geral, comparando-se com os dados disponíveis na literatura, pode-se afirmar que a biofortificação não elevou consideravelmente o conteúdo de minerais totais na farinha de feijão biofortificada avaliada no presente trabalho, tendo em vista seus conteúdos de cinzas (minerais totais).

Em relação aos teores de lipídeos (Figura 1), não se observou diferença significativa entre os tratamentos avaliados. A farinha de feijão biofortificada *in natura* apresentou 1,07% de lipídeos e a tratada à 50°C, 1,34%.

Tais valores confirmam resultados de outros estudos, Ramírez-Cárdenas, Leonel e Costa (2008), verificaram que grãos de feijão biofortificado apresentaram concentrações de lipídeos de 1,42 a 1,94 %. O mesmo foi observado por Lovato et al., (2018) que apresentou valores de 1,15 a 1,78% de lipídeos para variedades de grãos de feijão biofortificado. Mesquita et al., (2007) em seus estudos constatou um teor mínimo de 0,53% e máximo de 2,55% de lipídeos presente nos grãos crus de feijão biofortificado.

Os lipídeos são macronutrientes indispensáveis ao organismo e possuem uma elevada concentração energética. São insolúveis em água e solúveis em solventes apolares e, uma vez que suas alterações podem provocar perdas da qualidade do produto, seu controle e estabilidade são de suma importância, tanto econômica quanto tecnológica (MOTTA, 2005; SILVA e QUEIROZ, 2006; GOMES e OLIVEIRA, 2011; PITA, 2012).

Os feijões contêm uma pequena quantidade de lipídeos, com grande variabilidade na composição dos ácidos graxos, predominando as formas insaturadas, que representam cerca de 65 a 87% do total dos lipídeos do mesmo. Os mais encontrados são o ácido oléico (7 a 10%), o linoléico (21 a 28%) e o α -linolênico (37 a 54%) (MAHADEVAPPA e RAINA, 1978; ANDERSON; SMITH e WASHNOCK, 1999; YAMAGUISHI, 2008). Os ácidos graxos saturados também estão presentes e correspondem de 10 a 15% dos lipídeos totais (MAHADEVAPPA e RAINA, 1978; ANDERSON; SMITH e WASHNOCK, 1999; YAMAGUISHI, 2008).

O conteúdo de proteínas (Figura 1) da farinha de feijão biofortificada *in natura* apresentou 26,78% de proteínas e a tratada à 50°C, 26,70%. Nota-se que os valores não divergiram entre si significativamente.

Conforme trabalhos prévios, os valores proteicos variam entre 17,72 e 31,59%, reforçam os resultados obtidos no presente trabalho (PIRES et al., 2005; BRIGIDE et al., 2002; MARQUEZI et al., 2016). Por sua vez, Donadel e Prudêncio Ferreira (1999) citaram teores de proteína bruta de 22,73% na farinha de feijão. Enquanto que, Lovato et al. (2018), apresentou concentrações proteicas que variaram de 18,29% a 22,47%. Um alto teor proteico é bom índice e deve ser levado em consideração para o uso de farinha de feijão em alimentos formulados.

As proteínas são compostos orgânicos que se formam através de uma ou mais cadeias de aminoácidos e estão presentes em vários alimentos, assumindo diversas funções no organismo que vão desde a formação do músculo, defesa do organismo até a transformação de energia (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2012).

A quantificação do teor de ferro em alimentos é importante devido a necessidade da estimativa de seu conteúdo para fins nutricionais (BRIGIDE, 2002).

De acordo com o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) (2016), os valores de minerais para feijões crus, do grupo comercial preto, são de 5,0 mg.100g⁻¹ para Fe total. Estes valores são considerados baixos, quando comparados aos valores encontrados neste estudo (Figura 2), evidenciando-se assim, a efetividade da biofortificação do feijão e sua importância.

Os teores de Fe total, Fe (II) e Fe (III) das farinhas de feijão biofortificadas são apresentados na Figura 2.

Figura 2. Teores de Fe total, Fe (II) e Fe (III) (mg/100g) nas farinhas de feijão biofortificadas *in natura* e submetida à tratamento térmico à 50°C.

Fonte: Própria (2020).

* As médias diferem significativamente entre si pelo teste t de Student a 5% de significância.

** Resultados expressos em matéria seca.

O teor de Fe total diferiu significativamente entre as amostras. A farinha de feijão submetida à tratamento térmico à 50°C, apresentou teor de Fe total de 16,65% e a *in natura*, 14,40%.

Sob estes aspectos, o tratamento térmico ao qual a farinha de feijão biofortificada foi submetida neste trabalho mostrou resultado benéfico ao elevar o conteúdo de Fe total.

Pode-se considerar que o tratamento térmico aplicado conduziu a uma maior liberação de ferro por parte dos complexos e quelatos fítics, derivados do ácido fítico (fitatos férricos), sob os quais este mineral se encontra em parte indisponível, tanto para a sua determinação através de métodos analíticos quanto para a disponibilidade biológica no trato digestivo humano (COZZOLINO, 2012; THEODOROPOULOS et al., 2018).

Os resultados indicaram maiores teores de Fe total que os referenciados na literatura. Gomes et al. (2006), avaliando a composição mineral em farinha de feijão cru, encontraram 8,99 mg/100g de Fe total. O feijão preto quando cru apresenta em sua composição Fe total de 6,5 mg/100g (NEPA, 2011).

Além do Fe total, torna-se interessante a identificação e quantificação das diferentes espécies ou fases do ferro presentes em um alimento, a fim de se buscar encontrar não apenas o teor total deste mineral, mas também, quantificar a sua espécie menos e mais bioacessível, Fe

(III) e Fe (II) respectivamente. A forma química é o principal fator relacionado à biodisponibilidade do ferro uma vez que, o teor total de ferro não é suficiente para avaliar a biodisponibilidade do mesmo (KHOUZAM, SZPUNAR e LOBINSKI, 2012; REIS e GONÇALVES, 2015).

Para os resultados de Fe (II), apresentados na Figura 2, as amostras também diferiram significativamente entre si, onde a *in natura* apresentou 13,62 mg/100g de Fe (II) e a tratada à 50°C, 15,90 mg/100g.

Percebe-se que o mesmo comportamento apresentado pelo Fe total, também foi verificado para o Fe II, o qual apresentou incremento de seu teor em função do tratamento térmico aplicado.

O ferro sob a forma química de Fe (II) compõe-se na espécie mais bioacessível, já o Fe (III), por sua vez, é o menos bioacessível. A quantificação das duas espécies químicas de ferro é extremamente importante, pois o organismo humano absorve menos Fe (III), uma vez que esta substância necessita ser reduzida a Fe (II) através de complexos enzimáticos específicos para somente então ser absorvida no trato intestinal (COZZOLINO, 2012).

A farinha de feijão biofortificada *in natura* mostrou 0,75 mg/100g de Fe (III) e a tratada a 50°C apresentou 0,78 mg/100g de Fe (III). Os valores encontrados não diferiram significativamente entre si. Indicando que o conteúdo desta fração não foi alterado pelo tratamento térmico aplicado.

Tais valores são considerados baixos, entretanto, desejáveis sob o ponto de vista nutricional, uma vez que essa é a espécie de ferro de menor interesse para estar presente em alimentos, devido sua reduzida biodisponibilidade. O elevado valor de Fe (III) por vezes verificado em alguns alimentos pode estar relacionado com a adição do fumarato ferroso, agente fortificante pouco solúvel em água (WHO, 2006; COZZOLINO, 2012).

Conclusão

A composição nutricional da farinha de feijão (*Phaseolus vulgaris*) biofortificada foi afetada positivamente pelo tratamento térmico à 50°C com aumento do teor de Fe total e Fe (II) tornando o produto com valor nutricional mais elevado demonstrando assim, ser um processo promissor para diminuir a incidência de desnutrição no Brasil.

Agradecimentos

Agradecemos ao Welinton Procópio e ao campo experimental da Empresa Mato-

Grossense de Pesquisa, Assistência e Extensão Rural (EMPAER) de Tangará da Serra- MT pelo fornecimento do grão preto biofortificado com ferro da safra 2018/2019.

Referências

ANDERSON, J. W.; SMITH, B. M.; WASHNOCK, C. S. Cardiovascular and renal benefits of dry bean and soybean intake. **American Journal of Clinical Nutrition**, New York, v. 70 (suppl), p. 464S-474S, 1999.

ARAÚJO, W. D.; GONELI, A. L. D.; SOUZA, M. A.; GONÇALVES, A. A.; VILHASANTI, H. C. B., Propriedades físicas dos grãos de amendoim durante a secagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.3, p.279–286, 2014.

AVILA, B. P., SANTOS, M. S.; NICOLETTI, A.; ALVEZ, G. D.; ELIAS, M. C.; MONKS, J.; GULARTE, M. A. Impact of Different Salts in Soaking Water on the Cooking Time, Texture and Physical Parameters of Cowpeas. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 70(4), p.463-469, 2015.

BRAGANTINI, C. Produção de sementes. In: ARAUJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. de O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. POTAFOS, 1996. p. 639-667.

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

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 263 de 22 de setembro de 2005. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/e-legis/>>. Acesso em: 08 de Ago.de 2020.

BRIGIDE, Priscila. **Disponibilidade de ferro em grãos de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) irradiados**. Orientadora: Solange Guidolin Canniatti-Brazaca 2002. 58 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.

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

CHIDANANDA, K. P.; CHELLADURAI, V.; JAYAS, D. S.; ALAGUSUNDARAMB, K.; WHITE, N. D. G.; FIELDS, P. G. Respiration of pulses stored under different storage conditions. **Journal of Stored Products Research**, v. 59, p. 42–47, 2014.

CHIGWEDERE, C. M.; OLAOYE, T. F.; KYOMUGASHO, C.; KERMANI, Z. J.; PALLARES, A. P.; LOEY, A. M. V.; GRAUWET, T.; HENDRICKX, M. E. Mechanistic insight into softening of Canadian wonder common beans (*Phaseolus vulgaris*) during cooking. **Food Research International**, v.106, p. 522-531, 2018.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Indicadores Agropecuários**. Balança

Comercial do Agronegócio. Balança Importação. Brasília, Ano XXVIII, n.3, p. 01-96, Março 2019. Disponível em: <www.conab.gov.br>. Acesso em: 30/10/2019.

COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**, 4 ed., Campinas, Brasil: Manole, 2012.

DETMANN, E.; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; QUEIROZ, A.C.; BERCHIELLI, T.T.; SALIBA, E.O.S.; CABRAL, L.S.; PINA, D.S.; LADEIRA, M.M.; AZEVEDO, J.A.G. **Métodos para análise de alimentos - INCT - Ciência Animal**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 214p, 2012.

DONADEL, M. E.; PRUDENCIO-FERREIRA, S. H. Propriedades funcionais de concentrado proteico de feijão envelhecido. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 19, n. 3, p. 380-386, 1999.

FARONI, L. A.; CORDEIRO, I. C.; ALENCAR, E. R.; ROZADO, A. F.; ALVES, W. M.; Influência do conteúdo de umidade de colheita e temperatura de secagem na qualidade do feijão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.10, n.1, p.148–154, 2006.

FILBIDO, Gabriel Silvério. **Especiação química de ferro e bioacessibilidade in vitro de minerais em alimentos infantis fortificados**. Dissertação (Mestrado). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – Campus Cuiabá Bela Vista. 2020. 94p.

FOOD INGREDIENTS BRASIL. Dossiê: proteínas. **Revista Food Ingredients Brasil**, n. 22. 2012. p. 58-90.

GOMES, J. C.; SILVA, C. O. Elaboração de análises físico-químicas de farinha de feijão. **Rev. Ceres**. v.50, n.292, p.687-697, 2003.

GOMES, J. C; SILVA, C. O. COSTA, N. M. B. PIZORI, M. R. Desenvolvimento e Caracterização de Farinhas de Feijão. **Rev. Ceres**. v.53, n.309, p.548-558, 2006.

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

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Edição IV, Brasília: Instituto Adolf Lutz, 2005.

KHOUZAM, R. B., SZPUNAR J., LOBINSKI, R. Trace element speciation in food: State of the art of analytical techniques and methods. **Pure and Applied Chemistry**, v. 84, p.169-179, 2012.

LÍBERA, B. D.; SOUZA, G. G. de; PADILHA, P. C.; LEITE, P. M.; SAUNDERS, C.; ACCIOLY, E. Estratégias de combate às micro deficiências no grupo materno-infantil. **Revista Brasileira de Nutrição Clínica**, v. 23, n.3, p. 190-198, 2008.

LOVATO, F.; KOWALESKI, J.; SILVA, S. Z.; HELDT, L. F. S. Proximate composition and mineral content of different cultivars of biofortified beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Braz. J. Food Technol.** v. 21, e 2017068, 2018.

MAHADEVAPPA, V. G., RAINA, P. L. Nature of some Indian legume lipids. **J. Agric. Food Chem.**, v.26, p.124,1978.

MARQUEZI, M.; GERVIN, V. M.; WATANABE, L. B.; BASSINELLO, P. Z.; AMANTE, E. R. Physical and chemical properties of starch and flour from different common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 19, 2016.

MENDHAM, J., DENNEY, R. C.;BARNES, J. D., TOMAS, M. J. K. **Volgel's Quantitative Chemical Analysis**. (6th ed.) Prentice Hall, 2000.

MESQUITA, F. R.; CORRÊA A. D.; ABREU C. M. P.; LIMA R. A. Z.; ABREU A. F. B. Linhagens de Feijão (*Phaseolus Vulgaris* L.): Composição química e digestibilidade proteica. **Ciênc. Agrotec.**, v. 31, n. 4, p.1114-1121, 2007.

MOTA, D. H. **Propriedades físicas durante a secagem e qualidade tecnológica em cultivares de feijão carioca em diferentes condições de armazenamento**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2016, 163 f.

MOTTA, V. T. Bioquímica Básica: Carboidratos. In: Autolab Análises Clínicas, 2005.

NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ALIMENTAÇÃO (NEPA). TACO: Tabela brasileira de composição de alimentos. Campinas: NEPA-UNICAMP, 2011. p.161.

NJOROGE, D. M., KINYANJUI, P. K., MAKOKHA, A. O., CHRISTIAENS, S., SHPIGELMAN, A., SILA, D. N.; HENDRICKX, M. E. Extraction and characterization of pectic polysaccharides from easy- and hard-to-cook common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Food Research International**, v. 64, p. 314–322, 2014.

OLIVEIRA, M. **Temperatura de secagem e condições de armazenamento sobre propriedades da soja para consumo e produção de biodiesel**. 2008. 140f. Dissertação (Mestrado). Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2008. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas – RS.

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

OLIVEIRA, V. R.; RIBEIRO, N. D.; MAZIERO, S. M.; FILHO, A. C.; JOST, E. Qualidade para o cozimento e composição nutricional de genótipos de feijão com e sem armazenamento sob refrigeração. **Ciência Rural**, v.41, n.5, p.746-752, 2011.

PIRES, C. V.; OLIVEIRA, M. A. G.; CRUZ, G. A. D. R.; MENDES, F. Q.; REZENDE, S. T.; MOREIRA, M. A. Physicochemical composition of different cultivars of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Alimentação e Nutrição*, v. 16, p. 157-162, 2005.

PITA, J. S. L. **Caracterização físico-química e nutricional da polpa e farinha da casca de maracujazeiros do mato e amarelo**. 2012. 77p. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2012.

PLANTIER, S. B. **Avaliação do teor de ferro em farinhas enriquecidas**. Fundação Educacional do Município de Assis – FEMA - Assis, p. 16, 2010.

QUEIROZ, S. S.; TORRES, M. A. de A. Anemia ferropriva na infância. **Jornal de Pediatria**, v.76, n.3, p. 298-304, 2000.

RAMÍREZ-CÁRDENASI, 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.

REIS, L. S. GONÇALVES E. C. B. A., Chemical speciation: an instrument for evaluation of mineral bioavailability, **Ciência Rural**, v.45, p.1126-1132, 2015.

SILVA, A. G.; ROCHA, L. C.; CANNIATTI, B. S. G. Physico-chemical characterization, protein digestibility and antioxidant activity of comum bean (*Phaseolus vulgaris* L.) **Alimentos e Nutrição**, v. 20, n. 4, p. 591-598, 2009.

SILVA, D. J; QUEIROZ, A. C. **Análise de Alimentos: Métodos Químicos e Biológicos**. Minas Gerais: Universidade Federal de Viçosa, 2006.

SIQUEIRA, R. J. de. A.; LACERDA FILHO, A. F. de; VOLK, M. B. da S. Avaliação da Qualidade do Feijão Armazenado em Ambiente Refrigerado. **Alimentos e Nutrição**, Viçosa – MG, vol. 20, n. 4, p. 649–655, 2013.

THEODOROPOULOS, V. C. T. TURATTI, M. A. GREINER R. MACEDO, G. A. PALLONE, J. A. L. Effect of enzymatic treatment on phytate content and mineral bioaccessibility in soy drink. **Food Research International**, v.108, p.68-73, 2018.

UNICEF. Situação mundial da infância. **Crianças, alimentação e nutrição**. Outubro, 2019. p. 1-8. Disponível em: https://crianca.mppr.mp.br/arquivos/File/publi/unicef_sowc/sowc2019_informacoes_america_latina_caribe.pdf. Acesso em: 14 agosto 2020.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Food. Disponível em: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list>. Acesso em: 14 ago. 2020.

VELLOZO, Eliana P.; FISBERG, Mauro. A contribuição dos alimentos fortificados na prevenção da anemia ferropriva. **Revista Brasileira de Hematologia e Hemoterapia**, v.32, n.2, p. 140-147, 2010.

World Health Organization (WHO), Guidelines on food fortification with micronutrients, **Geneva: World Health Organization**, 2006.

YAMAGUISHI, C. T. Processo biotecnológico para a produção de feijão desidratado com baixo teor de oligossacarídeos da família rafinose. 2008. 148 f. Dissertação (Mestrado em Processos Biotecnológicos) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

ZANCUL, Mariana de Senzi. Fortificação de alimentos com ferro e vitamina A. **Medicina, Ribeirão Preto**, v.37, jan.-jun., p. 45-50, 2004.