

EFEITO DA GERMINAÇÃO E DA DESIDRATAÇÃO NO VALOR NUTRITIVO, COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE FARINHAS DE LEGUMINOSAS

Recebido em: 19/06/2023

Aceito em: 18/07/2023

DOI: 10.25110/arqsaude.v27i7.2023-010

Clícia Maria de Jesus Benevides¹
Laise Cedraz Pinto²
Alex Sander Lopes da Silva³
Anabela Guedes da Costa⁴
Diana Andréia Tavares Pinto⁵
Rita Carneiro Alves⁶
Maria Beatriz Prior Pinto Oliveira⁷

RESUMO: Os objetivos deste trabalho foram avaliar o efeito da germinação no teor de macronutrientes e da desidratação em compostos bioativos, nutrientes e atividade antioxidante de farinhas das leguminosas *Phaseolus lunatus* L. e *Cajanus cajan* (L. Millsp.) germinadas. As condições de germinação foram controladas em laboratório e as amostras foram submetidas à desidratação térmica (55°C) e liofilização. Foram realizadas as análises de composição centesimal, fenólicos totais flavonoides, atividade antioxidante (DPPH, FRAP), perfil de ácidos graxos (CG-FID) e de vitâmeros de tocoferol (HPLC-DAD). A germinação das leguminosas promoveu aumento de proteínas, lipídios e carboidratos. O processamento térmico para desidratação contribuiu para perdas de proteínas, lipídios, cinzas, e maior atividade antioxidantes em ambas as espécies. O perfil de ácidos graxos e vitâmeros de tocoferol mostraram-se com variações que dependem do tipo de leguminosa e condições de processamento, podendo ser positivas ou negativas. Farinhas de leguminosas germinadas pode ser uma alternativa para a inserção na dieta ou em formulações alimentícias e as condições de processamento devem ser monitoradas com intuito de otimizar propriedades nutritivas e funcionais.

PALAVRAS-CHAVE: Germinação; *Phaseolus Lunatus* L.; *Cajanus Cajan* (L. Millsp.); Farinhas.

¹ Doutora em Química Analítica. Universidade do Estado da Bahia (UNEB).

E-mail: bclicia@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7214-1318>

² Doutora em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas. Universidade Federal da Bahia (UFBA).

E-mail: lcedraz@hotmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7470-7074>

³ Mestrando em Ciências Farmacêuticas. Universidade do Estado da Bahia (UNEB).

E-mail: sanderlopes@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5918-1366>

⁴ Mestre em Ciências do Consumo e Nutrição. Universidade do Porto.

E-mail: anabelac020@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4136-935X>

⁵ Doutora em Química Sustentável. Universidade do Porto.

E-mail: diana_andreia@hotmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8534-3739>

⁶ Doutora em Ciências Farmacêuticas. Universidade do Porto.

E-mail: rita.c.alves@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5053-513X>

⁷ Doutora em Farmácia. Universidade do Porto.

E-mail: beatoliv@ff.up.pt ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6767-6596>

GERMINATION AND DEHYDRATION EFFECTS ON NUTRITIONAL VALUE, BIOACTIVE COMPOUNDS AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF LEGUME FLOURS

ABSTRACT: The objectives of this work were to evaluate the effect of germination on macronutrient content and dehydration on bioactive compounds, nutrients and antioxidant activity of flours from germinated *Phaseolus lunatus* L. and *Cajanus cajan* (L. Millsp.) legumes. The germination conditions were controlled in the laboratory and the samples were submitted to thermal dehydration (55°C) and lyophilization. Analyses were carried out for centesimal composition, total phenolic flavonoids, antioxidant activity (DPPH, FRAP), fatty acid profile (GC-FID) and tocopherol vitamers (HPLC-DAD). Germination of the legumes promoted an increase in proteins, lipids and carbohydrates. Thermal processing for dehydration contributed to losses of proteins, lipids, ash, and higher antioxidant activity in both species. The profile of fatty acids and tocopherol vitamers showed variations that depend on the type of legume and processing conditions, and can be positive or negative. Sprouted legume flours can be an alternative for insertion in the diet or in food formulations and the processing conditions must be monitored in order to optimize nutritional and functional properties.

KEYWORDS: Germination; *Phaseolus Lunatus* L.; *Cajanus Cajan* (L. Millsp.); Flours.

EFFECTOS DE LA GERMINACIÓN Y LA DESHIDRATACIÓN SOBRE EL VALOR NUTRITIVO, LOS COMPUESTOS BIOACTIVOS Y LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE HARINAS DE LEGUMINOSAS

RESUMEN: Los objetivos de este trabajo fueron evaluar el efecto de la germinación sobre el contenido en macronutrientes y de la deshidratación sobre los compuestos bioactivos, los nutrientes y la actividad antioxidante de harinas de leguminosas germinadas de *Phaseolus lunatus* L. y *Cajanus cajan* (L. Millsp.). Las condiciones de germinación se controlaron en el laboratorio y las muestras se sometieron a deshidratación térmica (55°C) y liofilización. Se realizaron análisis de composición centesimal, flavonoides fenólicos totales, actividad antioxidante (DPPH, FRAP), perfil de ácidos grasos (GC-FID) y vitaminas tocoferol (HPLC-DAD). La germinación de las leguminosas promovió un aumento de proteínas, lípidos y carbohidratos. El procesado térmico para la deshidratación contribuyó a pérdidas de proteínas, lípidos, cenizas y a una mayor actividad antioxidante en ambas especies. El perfil de ácidos grasos y vitaminas tocoferol mostró variaciones que dependen del tipo de legumbre y de las condiciones de procesado, pudiendo ser positivas o negativas. Las harinas de leguminosas germinadas pueden ser una alternativa para su inserción en la dieta o en formulaciones alimentarias y las condiciones de procesado deben ser monitorizadas para optimizar las propiedades nutricionales y funcionales.

PALABRAS CLAVE: Germinación; *Phaseolus Lunatus* L.; *Cajanus Cajan* (L. Millsp.); Harinas.

1. INTRODUÇÃO

A família das leguminosas (Fabaceae) caracteriza-se por uma grande diversidade e inclui cerca de 600 gêneros com 17 mil espécies de plantas de grãos enumeradas. As

espécies dessa família encontram-se distribuídas em diferentes habitats, latitudes e altitudes, nos mais diferenciados ecossistemas, e ocorrem principalmente em regiões tropicais e subtropicais do mundo (POLHILL, 1982).

Tendo em vista a crescente conscientização dos indivíduos com relação à saúde e da preferência por proteínas vegetais, a demanda por leguminosas de grãos tem aumentado cada vez mais e desempenham um papel significativo nas dietas tradicionais em muitas regiões do mundo. As leguminosas são grãos com importantes propriedades nutricionais fornecendo proteínas, fibras dietéticas, minerais e vitaminas e numerosos compostos bioativos, incluindo ácidos fenólicos, flavonoides, carotenoides e tocoferóis, sendo estes últimos considerados importantes em alimentos funcionais, promovendo benefícios à saúde como a redução do risco de doenças cardiovasculares (DCV), uma vez que podem proteger o LDL-C da oxidação de radicais livres (ROS; HU, 2013) ou através de melhorias no controle glicêmico; redução da pressão arterial e inflamação (EMILY *et al.*, 2017). As leguminosas também estão associadas à proteção contra o desenvolvimento de cânceres, osteoporose e doenças neurodegenerativas (VAZ PATTO *et al.*; 2015; ACQUAH *et al.*, 2021).

A espécie *Cajanus cajan* L. Millsp (Fabaceae) conhecida popularmente como andu, guandú, ervilha de pombo, entre outros é um arbusto perene, anual, cultivado, principalmente, na região tropical e subtropical do mundo (ODENY, 2007; BELTRAME; RODRIGUES, 2008). Na medicina popular, diversas partes da planta são utilizadas como antidiarreico, no tratamento de diabetes e hepatite, parasitoses intestinais (VOLPATO *et al.*, 2009). No Brasil, em especial nas regiões Norte e Nordeste, a espécie tem sido cultivada principalmente para o consumo de grãos, preferencialmente verdes, como fonte de vitaminas, minerais e proteínas (FUJITA *et al.*, 2004) e suas diferentes partes são bastante utilizadas na medicina popular.

O *Phaseolus lunatus* L. também conhecido como mangalô, feijão-fava, fava, ou feijão lima apresenta valores nutricionais que são muito semelhantes aos valores de *P. vulgaris*. No entanto, a cultura desta leguminosa apresenta maior resistência a condições climáticas e agrônômicas extremas, se comparada ao *P. vulgaris* e se desenvolve melhor em regiões de clima quente e úmido (GRANITO *et al.*, 2007; ALVES *et al.* 2008; BETANCUR-ANCONA *et al.*, 2009). No Brasil, é considerado a espécie mais importante do gênero após o Feijão comum (*P. vulgaris* L.) apresentando-se como uma excelente

alternativa no fornecimento de proteína vegetal, sendo, portanto, considerada uma das leguminosas mais consumidas na região Nordeste (ALVES *et al.*, 2008).

As leguminosas são submetidas a uma variedade de técnicas de processamento antes do consumo, como a imersão, germinação, fermentação, cozimento e desidratação. Essas técnicas de processamento facilitam a ingestão e digestão desses produtos, podem melhorar a palatabilidade (*flavor*, sabor e textura), valor nutricional e níveis de compostos bioativos, além de reduzir as substâncias antinutricionais (RIFNA *et al.* 2019; RAHATE *et al.*, 2021).

Sabe-se que grãos germinados, geralmente, apresentam maior qualidade nutricional ao aumentar os compostos bioativos e redução de componentes antinutricionais (GHIASSI *et al.*, 2012). O processo de germinação é considerado simples e barato, e melhora a palatabilidade, digestibilidade e disponibilidade de certos nutrientes (HERNANDEZ-AGUIRRE *et al.*, 2020), no entanto, o efeito deste processo depende sobre o tipo de leguminosa e sobre as condições e a duração do processo de germinação (MALEKI; RAZAVI, 2020).

O desenvolvimento de farinhas a partir de leguminosas germinadas representa mais uma alternativa para aumentar a ingestão dietética destes grãos, o que implica numa oportunidade para melhorar a saúde da população e o desenvolvimento de produtos de valor agregado com propriedades funcionais (SAGET *et al.*, 2020). Estas farinhas podem melhorar o desenvolvimento de formulação de alimentos com maior valor nutritivo, assim como maiores propriedades funcionais e, desse modo, são necessárias mais informações sobre seu valor nutritivo, os constituintes bioativos e a capacidade antioxidante (XU *et al.*, 2019).

Diante do exposto, este trabalho objetivou avaliar o efeito da desidratação, como tratamento térmico, no valor nutritivo, compostos bioativos e atividade antioxidante das farinhas do feijão mangalô (*Phaseolus lunatus* L.) e do feijão andu (*Cajanus cajan* L.) germinados, a fim de verificar se, para as farinhas oriundas destas espécies, estes processamentos propiciam maior qualidade nutricional, com aumento de compostos bioativos e redução de componentes antinutricionais. Dados positivos podem ser interessantes para o desenvolvimento de produtos alimentícios de valor agregado com propriedades funcionais a partir de farinhas germinadas de mangalô e andu.

2.1 Liofilização e Desidratação

Após a germinação os grãos foram triturados, sendo que a metade destes foi congelado a -40°C e posteriormente submetido à liofilização em liofilizador (Mod LIOTOP 101) sob pressão de 100 $\mu\text{m Hg}$ à -50°C , segundo orientações do fabricante (amostra controle). A outra metade foi submetida à desidratação à $55^{\circ}\text{C}/6\text{hs}$ em estufa de ar forçado (TE-394/2) até obtenção de umidade menor que 10%. Após a liofilização e desidratação, as amostras foram trituradas em moinho (Grindomix-GM200) e envasadas em potes de vidros hermeticamente fechados, os quais foram enviados para os laboratórios do REQUIMTE/LAVQ (Laboratório Associado para a Química Verde) do Departamento de Ciências Químicas da Faculdade de Farmácia da Universidade do Porto (Porto, Portugal), onde foram realizadas as análises.

2.2 Reagentes e Padrões

Solução de ácido tricloroacético (TCA) 15%; sulfato de sódio anidro (Na_2SO_4); pastilhas catalisadoras Kjeldahl ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8/\text{CuSO}_4$); *n*-hexano HPLC da Merck (Darmstadt, Alemanha); ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado 96%; hidróxido de sódio; celite, α -amilase, protease, amiloglucosidade, ácido clorídrico; éter de petróleo 60%; 2,6-di-*tert*-butil-4-metilfenol (BHT) e 1,4-dioxano; diclorometano, metanol, trifluoreto de boro (BF_3) e 2,6-di-*tert*-butil-4-metilfenol (BHT) da Sigma-Aldrich (Steinheim, Alemanha); fosfato dissódico; fosfato monossódico, acetona da VWR International (Leuven, Bélgica); ácido bórico; hidróxido de potássio (KOH) da Panreac (Barcelona, Espanha); etanol 96% e 78% da AGA (Prior Velho, Portugal); padrões de tocoferóis e tocotrienóis: α , β , γ , δ -tocoferol e α , β , γ , δ -tocotrienol da Calbiochem (La Jolla, CA, EUA); tocol (padrão interno): 2-metil-2-(4,8,12-trimetil tridecil)-cromano-6-ol da Matreya Inc (PA, EUA); mistura de padrões de ácidos graxos (FAME 37, Supelco, Bellefonte, PA, USA).

2.3 Análise Nutricional

O teor de umidade foi determinado instrumentalmente, utilizando uma balança equipada com uma lâmpada de infravermelhos Scaltec[®] SMO 01 (Scaltec Instruments Heiligenstadt, Alemanha). Aproximadamente 1g de amostra foi submetida a uma temperatura de 105°C , até massa constante. As análises foram realizadas em triplicata e os resultados expressos em percentagem (%) de umidade.

As análises do valor nutricional foram realizadas seguindo os métodos oficiais da AOAC (AOAC, 2012): cinzas (AOAC 920.153); proteínas totais (AOAC 928.08); lípidos totais (AOAC 991.36); fibras totais (985.29). O teor de carboidratos foi obtido indiretamente por cálculo, de acordo com a seguinte equação:

$$\% \text{ carboidratos} = 100 \% - (\% \text{ Umidade} + \% \text{ Cinzas} + \% \text{ Proteínas} + \% \text{ Lípidos} + \% \text{ Fibra Total})$$

As análises foram realizadas em triplicada e os resultados expressos em g/100 g de amostra.

2.4 Determinação do Teor de Vitamina E

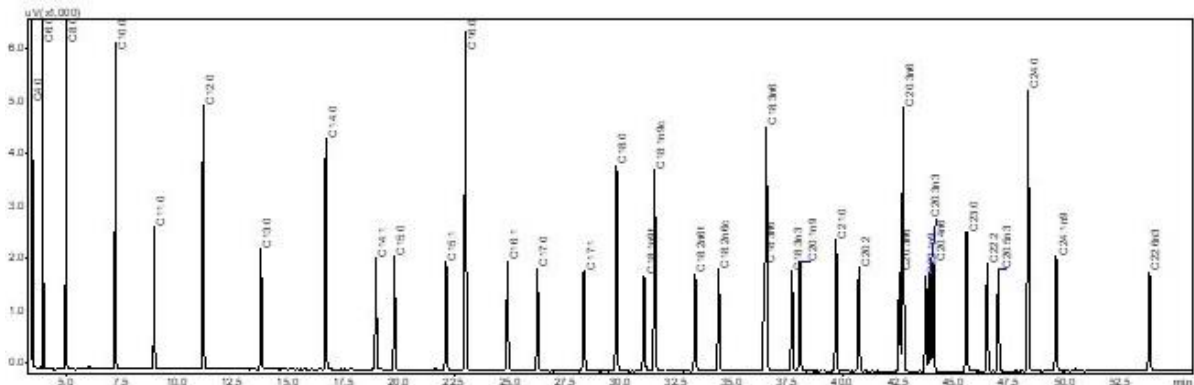
O ensaio dos 8 vitâmeros da vitamina E, dos quais 4 são tocoferóis (α , β , γ , δ) e 4 são tocotrienóis (α , β , γ , δ), foi realizado de acordo Nunes e colaboradores (2018). Para a identificação dos compostos individuais prepararam-se soluções padrão em *n*-hexano com diferentes diluições, contendo os seguintes vitâmeros: α , β , γ , δ -tocoferol e α , β , γ , δ -tocotrienol. Cada uma destas soluções continha 50 μ l de tocol como padrão interno (PI, 100 μ g/ml). Na preparação das amostras para análise, pesou-se para os cartuxos de celulose 3,5g da amostra e adicionou-se 50 μ l de tocol (100 μ g/ml) e 75 μ l de antioxidante BHT 0,1%. Após 4 horas de extração com *n*-hexano pelo método de Soxhlet, recolheu-se a gordura dos balões para *ependorf* âmbar de 2 ml com 1.400 μ l de *n*-hexano. Centrifugou-se a 15 rpm, durante 5 minutos e transferiu-se 800 μ l para um vial de injeção com rolha perfurável. Os extratos foram conservados a -20 °C até análise cromatográfica. A análise cromatográfica foi realizada num sistema HPLC da Jasco (Japão) e detetor de fotodíodos (MD-910) acoplado a um detetor de fluorescência, FLD (FP-920). A separação cromatográfica foi efetuada numa coluna de fase normal Supelcosil LC-SI (321 μ m; 75 mm \times 3,0 mm; Supelco, Bellefonte, EUA) a 21 °C, utilizando como eluente uma mistura de *n*-hexano e 1,4-dioxano (98:2), a um fluxo de 0,7 ml/ minuto. Os compostos foram identificados com base nos seus espectros UV e tempos de retenção (TR), comparativamente com os padrões. A quantificação foi efetuada pelo método do padrão interno, usando os dados obtidos com o detetor de fluorescência (λ excitação= 290 nm; λ emissão= 330 nm). Os dados foram analisados no Software Borwin-PDA Controller (JMBS, França). Todas as análises foram efetuadas em duplicata e os resultados expressos em mg/ 100 g de amostra.

2.5 Determinação dos Ácidos Graxos

Para a determinação dos ácidos graxos (AG), inicialmente foi extraída a fração lipídica AG pesando-se 5,0 g. Após 4 horas de extração com *n*-hexano adicionado de 75 µl de antioxidante BHT 0,1%, pelo método de Soxhlet, recolheu-se a gordura dos balões, a qual foi submetida à derivatização dos AG em ésteres metílicos (FAME) de acordo com a ISO 12966-2:2011 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011). A transesterificação dos triglicerídeos ocorreu em meio alcalino na presença de metanol e a metilação dos ácidos graxos livres deu-se na presença do catalisador - trifluoreto de boro (BF₃ 14% em metanol) e por ação do calor (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011; FERNANDES *et al.*, 2012). Os FAME das amostras foram analisados por cromatografia gasosa (Shimadzu GC-2010 *Plus*) equipado com um injetor automático split/splitless (AOC-20i) e detector por ionização de chama (GC-FID).

Foi utilizada uma coluna capilar de sílica fundida CP-SIL 88 (50 mm x 0,25 mm; 0,20 µm) e as seguintes condições analíticas: temperatura da coluna: 80 °C, 5 minutos; aumento até 160 °C a 5 °C/ minuto; 160 °C durante 5 minutos; aumento até 170 °C (5 °C/minuto); 170 °C durante 1 minuto; aumento até 220 °C (5 °C/ minuto); 220 °C durante 15 minutos; gás Hélio (182 kPa) como gás de arraste; temperatura da injeção e do detector de 250 °C e 270 °C, respectivamente; razão de split: 1:25; e o volume de injeção: 1,0 µL. Cada injeção foi efetuada em duplicata. Os FAME foram identificados por comparação dos tempos de retenção dos picos das amostras com os da mistura de padrões de FAME (Figura 2). Para o tratamento dos dados recorreu-se ao software GS Solution (Shimadzu, Tóquio, Japão). Cada FAME foi expresso em % relativa dos FAME totais identificados.

Figura 2: Cromatografia dos padrões de ácidos graxos.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

2.6 Determinação dos Fenólicos Totais, Flavonoides e Atividade Antioxidante (DPPH, FRAP)

O teor dos compostos fenólicos totais (CFT) foi determinado de acordo com Alves *et al.* (2010), com modificações. Inicialmente foi realizada a extração hidroalcoólica (25:25 água:etanol 96%) dos compostos bioativos da amostra à 50°C/30min com agitação e posterior filtração em papel de filtro. Este extrato também foi utilizado para as demais determinações (Flavonoides, DPPH, FRAP). Numa placa de absorvâncias foi misturada 30 µL da solução padrão de ácido gálico/extrato da amostra/branco com 150 µL reagente de Folin-Ciocalteu (1:10) e 120 µL solução aquosa de Na₂CO₃ (7,5%). A mistura foi incubada, protegida da luz, a 45°C/15 min. Posteriormente, foi colocada à temperatura ambiente, na ausência de luz, durante 30 min. As medidas de absorvância foram realizadas a 765 nm contra uma água destilada em branco (Synergy™ HT). Uma curva de calibração foi preparada usando ácido gálico como padrão (5-100 ppm, R₂ = 0,9993). O teor dos CFT das amostras foi expresso como µg de equivalentes de ácido gálico (GAE) por 100µg de farinha de feijão. As análises foram realizadas em triplicata.

O teor dos compostos flavonóides totais (CFVT) foi determinado de acordo com Costa *et al.* (2014) com modificações. Numa placa de absorvâncias foi misturada 30 µL solução padrão de catequina/extrato da amostra/branco/ 75µL de água destilada e 45µL solução de NaNO₂ (1%). Após 5 min, foram adicionadas 45µL de solução de AlCl₃ (5%) e após 1 min, adicionou-se 60µL também NaOH 1 M e 45 µL água desionizada. A medida das absorvâncias foram realizadas a 510 nm contra uma placa (Synergy™ HT). A catequina foi utilizada como padrão para preparar a curva de calibração (5-300 ppm, R₂ = 0,9993). O teor dos CFVT foi expresso como µg de equivalentes de catequina (ECE) por 100µg de farinha de feijão. As análises foram realizadas em triplicata.

A atividade antiradical das amostras contra DPPH• foi avaliada de acordo com Alves *et al.* (2010) com modificações para adaptar volumes a um leitor de microplacas. Resumidamente, numa placa de absorvâncias foi misturada 30 µL solução padrão de Trolox (562ppm)/extrato da amostra/branco/ 270µL de solução DPPH• (6x10⁻⁵ M). A redução da absorvância seguiu-se a 525 nm durante 40 min até se obter um valor estável (Sinergy™ HT, Biotek Instruments, Winooski, VT, EUA). Uma curva de calibração foi preparada usando padrão de Trolox (5-175 ppm, R₂ = 0,9982). As análises foram realizadas em triplicata e os resultados expressos em porcentagem de de inibição (% DPPH•), que foi calculada de acordo com a seguinte equação:

% Inibição = [(Abs (DPPH•) – Abs (Amostra)) / Abs (DPPH•) × 100, onde Abs (DPPH•) é a absorvência da solução de DPPH e Abs (Amostra) é a absorvência da amostra. As análises foram realizadas em triplicata.

O poder de redução das amostras da farinhas de feijão pelo ensaio FRAP foi analisado de acordo com Costa *et al.* (2014) com modificações. Em resumo, numa placa de absorvências foi misturada 35 µL solução padrão de sulfato ferroso (1mM)/extrato da amostra/branco/265µL de reagente FRAP (contendo tampão de acetato 0,3 M, solução de TPTZ 10 mM e cloreto férrico 20 mM) e incubado a 37 °C, durante 30 min. A absorvência foi medida a 595 nm (Sinergy™ HT). Uma curva de calibração foi preparada usando sulfato ferroso 1mM (25-500 µL, R² = 0,9982).

Os valores de FRAP foram expressos como µg de equivalentes de sulfato ferroso (FSE) por 100µg de farinha de feijão. As análises foram realizadas em triplicata.

2.7 Análisis Estatística

Foi realizada análise estatística de variância ($\alpha=5\%$) para testar diferença entre os resultados. Para a comparação das médias foi aplicado o teste de Tukey ($\alpha =5\%$), utilizando-se o programa estatístico SAS, versão 9.1. Para a determinação da contribuição dos compostos fenólicos totais e atividade antioxidante das amostras estudadas, foi realizada a correlação de Pearson.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição centesimal das leguminosas germinadas liofilizadas e na forma de farinhas estão apresentadas na tabela 1.

Tabela 1 – Composição centesimal das leguminosas germinadas liofilizadas e desidratadas.

Amostra	Umidade (%)	Proteínas (%)	Lipídios (%)	Cinzas (%)	CHO (%)	Fibras (%)
ANDU						
AS	13,77±0,12 ^a	21,25±0,26 ^a	0,61±0,09 ^a	3,94±0,03 ^a	60,44±0,14 ^a	18,43±0,46 ^a
AGL	6,34±0,13 ^b	25,77±0,19 ^b	1,65±0,08 ^b	4,32±0,00 ^b	61,92±0,69 ^b	16,20±0,33 ^b
AGD	7,02±0,06 ^c	22,17±0,15 ^c	0,97±0,10 ^c	3,52±0,06 ^a	66,32±0,15 ^c	16,66±0,01 ^b
MANGALÔ						
MS	13,42±0,05 ^a	22,74±0,45 ^a	0,49±0,07 ^a	3,96±0,01 ^a	59,38±0,35 ^a	17,72±0,85 ^a
MGL	5,52±0,01 ^b	24,54±0,92 ^b	1,55±0,04 ^b	4,65±0,02 ^b	70,82±0,97 ^b	18,35±0,38 ^b
MGD	8,09±0,01 ^c	23,73±0,78 ^c	0,66±0,03 ^c	3,63±0,07 ^a	62,88±0,82 ^c	17,29±0,02 ^a

AGL: Andu germinado liofilizado; MGL: Mangalô germinado liofilizado; AGD: Andu germinado desidratado; MGD: Mangalô germinado desidratado; CHO: carboidratos AS: Andu semente; MS: Mangalô semente CHO: carboidratos. Letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre as amostras (One Way ANOVA e Teste Tukey, $p<0,05$).

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

O teor (%) de proteína total nas leguminosas liofilizadas e desidratadas aumentou após a germinação, sendo que a elevação foi maior no andu liofilizado. Para os teores (%) de lipídios, cinzas e carboidratos os valores foram maiores quando as leguminosas foram liofilizadas após a germinação quando comparadas à desidratação. No que se refere às fibras, os teores (%) encontrados foram inferiores para o andu germinado liofilizado e desidratado, entretanto para o mangalô germinado desidratado não houve variação significativa ($p < 0,05$), mas um aumento quando desidratado (Tabela 1).

Observa-se que o teor de proteínas totais foi menor para as leguminosas germinadas desidratadas quando comparadas às liofilizadas. Essas reduções no teor de proteína podem ser atribuídas à desnaturação de proteínas durante o processo de torrefação (SAHNI *et al.*, 1997). Associado a isto, as reações de Maillard com remoção parcial de certos aminoácidos das proteínas, juntamente com outros compostos nitrogenados e açúcares, reduzem o valor nutricional da proteína, dependendo dos tipos de matéria-prima, sua composição e condições do processo (ADEYEYE, 2010). O teor total de proteína também foi reduzido em 23% após a torrefação (110 °C/10 min) da soja para elaboração da farinha (AGUME *et al.*, 2017).

A liofilização, apesar do longo tempo de secagem e de ser considerado um processo caro, é amplamente utilizada na elaboração de produtos alimentícios de alto valor agregado, devido à máxima retenção da qualidade do alimento, quando comparada a outras técnicas de secagem (BHATTA *et al.*, 2020)

Por outro lado, Fasoyiro e colaboradores (2010) elaboraram farinhas utilizando diferentes tratamentos de tempo e temperaturas de hidratação (40-60°C/20-30min) e secagem (50°C/8h e 150°C/5-15min) com três variedades de feijão andu (*Cajanus cajan*) e observaram maiores teores de proteína (23,01 - 24,05%) e cinzas (3,90 - 5,10%) após o processamento de secagem a 150°C/5-15min. Valores estes similares aos encontrados nesta pesquisa.

De acordo com El Anany (2015), os tratamentos de desidratação diminuíram significativamente ($p < 0,05$) o teor de cinzas de sementes de goiaba com o aumento do tempo de secagem a 150°C (10, 15 e 20min). Essas reduções podem ser atribuídas à perda de parte vegetal da semente (grânulos) durante a secagem (MBAH *et al.*, 2013).

A secagem do feijão kidney (*P. vulgaris*) para elaboração de farinha provocou um aumento do teor de cinzas das amostras, que variou de 3,29% para 4,29% (OLANIPE-KUN *et al.*, 2015). De acordo com Anigo *et al.* (2009), o menor valor das cinzas na

amostra *in natura* pode ser resultado do efeito de substâncias antinutrientes nos teores minerais, interferindo na sua biodisponibilidade, entretanto, uma vez que os antinutrientes são termicamente lábeis, o processamento reduziu os níveis destes, melhorando assim a disponibilidade dos minerais, como observado no aumento resultante dos valores de cinzas da farinha do feijão processado.

O teor (%) das fibras totais foi maior nas sementes do andu quando comparadas às sementes de mangalô (Tabela 1). No entanto, após o processo da germinação aconteceu o inverso, ou seja, o feijão mangalô apresentou concentrações de fibras totais maiores que o feijão andu após processos de liofilização e desidratação

De acordo Mahadevamma e Tharanathan (2004), a secagem é um processo de aquecimento térmico comumente aplicado às leguminosas, e que, geralmente, leva a uma redução significativa ($p < 0,05$) nos teores de fibra dietética insolúvel e fibra dietética total, mas um aumento na fibra dietética solúvel. Após a secagem dos grãos-de-bico, Fares e Menga (2012) observaram que o teor de fibra dietética insolúvel (IDF) aumentou em 17%.

Observou-se que o teor de carboidratos totais foi similar entre as sementes do andu e mangalô (Tabela 1). No entanto, após a germinação, houve uma elevação maior para o mangalô liofilizado e desidratado ($p < 0,05$). O efeito do processamento sobre frações de amido é controverso.

O amido representa o principal hidrato de carbono na semente de leguminosas (22-45%), embora a taxa de digestão de amido, tanto *in vitro* como *in vivo*, seja menor que a dos cereais (AGUILERA *et al.*, 2009).

Osorio-Díaz e colaboradores (2003) verificaram que o processamento térmico induz um aumento nos valores de amido resistentes, principalmente devido à retrogradação da amilose. No entanto, Kutos *et al.* (2003) e Almeida-Costa *et al.* (2006) relataram que quantidades de amido resistentes em amostras *in natura* eram quase duas vezes superiores às encontradas em amostras processadas. Por outro lado, foi relatado que o teor de carboidratos diminuiu de 28,60% em amostras controle para 28,15; 27,79 e 28,01% em sementes de goiaba assadas a 150 °C para 10, 15 e 20, respectivamente (EL ANANY, 2015). Estas reduções no teor de carboidratos durante o processo de torrefação podem ser atribuídas à reação de Maillard (ADEYEYE, 2010).

O teor total de carboidratos não variou significativamente ($p > 0,05$) com a torrefação (110 °C/10 min) na elaboração da farinha de soja (AGUME *et al.*, 2017). As

mudanças na fração de carboidratos durante o processo de desidratação de leguminosas comuns também foi investigada por Aguilera *et al.* (2009), não sendo constatada diferença significativa ($p>0,05$) no teor de amido total das leguminosas desidratadas. O perfil dos carboidratos solúveis também foi diferente, dependendo da leguminosa. Hoover e Zhou (2003) e Almeida-Costa *et al.* (2006) atribuíram as variações nos resultados do amido resistente ao uso de diferentes métodos de análise.

As propriedades físico-químicas da farinha de feijão vermelho (*P. vulgaris*) germinado foram investigadas por Njintang *et al.* (2001), os quais observaram que, à medida que aumentava a temperatura de secagem (40, 60 e 80°C), os teores de carboidratos e lipídios reduziram e os de proteínas e cinzas não variaram.

Para Liu *et al.* (2020) os tratamentos térmicos de leguminosas podem resultar em mudanças estruturais, como a desnaturação de proteínas, bem como como gelatinização e retrogradação do amido. Este fenômeno, conseqüentemente, influencia a funcionalidade e aplicações das leguminosas tratadas. Alguns parâmetros-chave a serem considerados durante a operação térmica nos tratamentos de leguminosas compreendem o método de aquecimento, tipo de leguminosa, duração do aquecimento, dentre outros.

O teor de lipídios é relativamente baixo nas leguminosas e nesta pesquisa aumentou após a germinação, o que pode ser observado principalmente nas amostras liofilizadas (Tabela 1)

Na tabela 2 está apresentada o perfil lipídico das leguminosas (feijão mangalô e feijão andu) germinadas liofilizadas e desidratadas.

Tabela 2 – Perfil lipídico das leguminosas germinadas liofilizadas e desidratadas.

Composto		AGL	AGD	MGL	MGD
1-Lauríco	C12:0	0,05±0,00	0,06±0,01	0,17±0,03	0,12±0,02
2-Mirístico	C14:0	0,34±0,03	0,39±0,02	0,35±0,05	0,43±0,06
3-Pentadecanóico	C15:0	0,20±0,01	0,13±0,01	0,14±0,01	0,22±0,02
4-Palmitíco	C16:0	24,55±1,24	22,56±0,25	11,77±0,23	20,27±0,11
5-Palmitoleíco	C16:1n9c	0,68±0,06	0,70±0,08	0,12±0,01	0,50±0,06
6-Heptadecanóico	C17:0	0,40±0,02	0,32±0,02	0,20±0,01	0,27±0,01
7-Estearíco	C18:0	4,30±0,12	4,40±0,35	3,53±0,22	4,46±0,11
8-Oleíco	C18:1n9c	13,81±0,47	14,47±0,62	10,59±1,83	17,98±0,18
9-Linoleíco	C18:2n6c	46,45±0,98	46,70±1,21	54,30±1,27	42,37±0,09
10-Araquídico	C20:0	1,03±0,05	1,14±0,14	0,83±0,05	0,74±0,03
11-a-Linolênico	C18:3n3	4,90±0,79	5,69±0,02	14,38±0,23	8,82±0,03
12-cis-11-Eicosenoíco	C20:1n9	0,17±0,01	0,22±0,02	0,42±0,03	0,28±0,03
13-Henicosenoíco	C21:0	0,14±0,02	0,13±0,01	0,08±0,01	0,09±0,01
14-cis-11,14-Eicosadienoíco	C20:2	0,06±0,01	0,06±0,01	0,10±0,01	0,08±0,01
15-Behenico	C22:0	1,61±0,14	1,71±0,25	1,46±0,09	1,84±0,04
16-Tricosanoíco	C23:0	0,31±0,03	0,31±0,03	0,32±0,03	0,35±0,02
17-Lignoceric	C24:0	1,02±0,21	1,02±0,21	1,23±0,12	1,19±0,06

AGL: Andu germinado liofilizado; MGL: Mangalô germinado liofilizado; AGD: Andu germinado desidratado; MGD: Mangalô germinado desidratado; CHO: carboidratos.

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Os principais ácidos graxos (AG) encontrados nas amostras das leguminosas germinadas liofilizadas e desidratadas variaram de: 42,37 a 54,30% (ácido linoleico-C18:2n6c); 11,77 a 24,55% (ácido palmítico-C16:0); 10,59 a 17,98% (ácido oleico-C18:1n9c) seguido do ácido α -Linolênico (4,90 a 14,38%) e do ácido esteárico-C18:0 (3,53 a 4,46%). Quantidades mínimas de C12:0; C14:0; C15:0; C16:1n9c, C17:0; C20:0; C20:1n9; C21:0; C20:2; C22:0; C23:0; C24:0 variaram de 0,05 a 1,84%.

A quantidade total de ácidos graxos insaturados (AGI) presentes no feijão andu germinado liofilizado (AGL) e desidratado compreendeu 66,01% e 67,78%, respectivamente, dos AG totais. Para o feijão mangalô germinado liofilizado (MGL) e desidratado a quantidade total de AG insaturados foi de 79,81% e 69,95%, respectivamente dos AG totais. Esses dados inferem uma relação AGI/AGS no feijão andu liofilizado e desidratado de, respectivamente, 1,94 e 2,10. Para o feijão mangalô liofilizado e desidratado a relação AGI/AGS foi de 3,95 e 2,33, respectivamente, o que demonstra que o mangalô germinado possui maior quantidade de AGI em comparação ao andu germinado. Foi observado no Mangalô germinado desidratado uma redução do ácido graxos linoleico e α -linolênico e um aumento da percentagem relativa dos ácidos palmítico e oleico quando comparado com o MGL. Esta diferença deve-se, possivelmente, à exposição dos ácidos graxos poliinsaturados ao oxigênio durante o processo de desidratação.

Ômega-6 (w-6) e omega-3 (w-3) são ácidos gordurosos poliinsaturados (PUFAs) essenciais que devem estar presentes da dieta. Os ácidos w-6 são representados por ácido linoleico (LA) (18:2w-6) e ácidos w-3 por ácido α -linolênico (ALA) (18:3w-3). O LA é metabolizado em ácido araquidônico (AA) (20:4 ω 6), enquanto o ALA é metabolizado para ácido eicosapentaenóico (EPA) (20:5 ω 3) e ácido docosa-hexaenóico (DHA) (22:6 ω 3). Devido à agroindústria e à agricultura moderna, as dietas ocidentais contêm níveis excessivos de PUFAs w-6 e níveis muito baixos de PUFAs w-3 (SIMOPOULOS, 2016). Produtos de eicosanóides derivados de PUFAs w-6 (prostaglandina (PG) E2 e leucotrieno (LT) B4 sintetizados a partir de ácido araquidônico (AA)) são os mediadores mais potentes de trombose e inflamação do que produtos similares derivados de PUFAs W-3 (PGE3 e LTB5 PGE3 e LTB5) sintetizados a partir de ácido eicosapentaenóico (EPA) (SIMOPOULOS, 2008). Assim, uma relação w-6/w-3 desequilibrada a favor de PUFAs ômega-6 é altamente pró-trombótica e pró-inflamatória, o que contribui para a prevalência de aterosclerose, obesidade e diabetes (KROMHOUT; GOEDE, 2014).

A relação w-6/w-3 para as amostras analisadas foram de: AGL (9,5/1); FAG (8,2/1); MGL (3,8/1); MGD (4,8/1). A partir desses dados, observa-se que a relação w-6/w-3 foi bem maior para o feijão andu, tanto na forma liofilizada quanto desidratado. Apesar do processo desidratação ter promovido um efeito benéfico na redução da relação w-6/w-3, ainda continuou elevado em relação ao MGD. Por outro lado, o MGD apresentou uma relação de w-6/w-3 dentro do limite (4/1) associado a prevenção das doenças cardiovasculares (SIMOPOULOS, 2008).

Caprioli e colaboradores (2016) investigaram o perfil lipídico de 19 leguminosas e obtiveram os AG C16:0, C18:1, C18:2, C18:3 para três diferentes espécies de *P. vulgaris* que variou de (7,5 a 18,5%; 8,8 a 17,2%; 23,4 a 31,5%; 29,4 a 43,6%) e para *V. faba* (14,7%; 32,4%; 47,1%; 3,4%), respectivamente. O potencial nutricional de nove leguminosas sub exploradas no sudoeste da Nigéria também foi estudado por Ade-Omowaye *et al.* (2015), os quais constataram os AG C16:0, C18:1, C18:2, C18:3, respectivamente, para *Cajanus cajan* (21,59%; 10,21%; 49,69%; 4,66%); *Vigna racemosa* (9,87%; 34,59%; 29,62%; 4,92%) e *Vigna subterranean* (21,09%; 17,01%; 43,06%; 2,61%). Comparando-se os valores encontrados no *Cajanus cajan* por Caprioli *et al.* (2016) com os encontrados neste trabalho para o *Cajanus cajan* (andu) germinado liofilizado, observa-se que, de uma maneira geral, houve um aumento dos AG C16:0, C18:1, C18:2 e C18:3 após processo de germinação.

A composição de AG do óleo de três cultivares de *Vicia faba* foi investigada por Khalil *et al.* (2017), e as concentrações para o C 16:0, C18:1, C18:2, C18:3, variaram de: *Vicia faba* cultivar Sudan (15,75%; 30,79%; 46,41%; 2,76%); *Vicia faba var*, major cultivar, white Windson (18,3%; 18,0%; 28,3%; 3,6); *Vicia fabe var*, minor cultivar, Nadwislanski (19,2%; 18,4%; 30,8%; 4,3%), respectivamente.

O percentual de AG de diferentes variedades de leguminosas disponíveis no mercado Canadense foi investigada por Emily *et al.* (2017), que quantificaram 1,6 % (lentilha verde grande) e 8,39% (grão-de-bico Leader), sendo que as amostras continham, principalmente, ácidos graxos poli-insaturados-AGPI (46,81-66,88%) e ácidos graxos monoinsaturados-AGMI (10,25-34,21%). Alguns dados da literatura consultada revelam que, no perfil lipídico das diferentes variedades e cultivares de leguminosas estudadas, há uma predominância do AGI C18:2. No entanto, variedades de *P. vulgaris* demonstraram possuir maior quantidade do C18:3 (CAPRIOLI *et al.*, 2016; EMILY *et al.*, 2017).

Os resultados do perfil lipídico das leguminosas desta pesquisa são consistentes com os da literatura (CAPRIOLI *et al.*, 2016; EMILY *et al.*, 2017; KHALIL *et al.*, 2017), o que mostra que os feijões possuem baixos teores de AG (<5%) em comparação com outros tipos de sementes de leguminosas como soja (23% de lipídios) e contêm, principalmente, C16:0, C18:1, C18:2. Embora o teor de lipídios dos feijões seja geralmente baixo, a ingestão regular poderá contribuir de forma significativa para obter recomendações alimentares sobre a quantidade e qualidade de gordura, contribuindo para reduzir o risco de desenvolvimento de várias doenças crônicas, como doenças cardiovasculares, vários distúrbios digestivos e câncer, bem como artrite e inflamação (BESSADA *et al.* 2019; CHINMA *et al.*, 2021; FERREIRA *et al.*, 2021).

As concentrações dos fenólicos totais, flavonoides e atividade antioxidante (DPPH e FRAP) das leguminosas germinadas liofilizadas e desidratadas estão apresentadas na tabela 3.

Tabela 3 – Fenólicos totais, Flavonoides, Atividade Antioxidante (DPPH FRAP) das leguminosas germinadas liofilizadas e desidratadas.

Amostra	Fenólicos totais (µgGAE/100mg)	Flavonoides µgCE/100mg	DPPH µg TE/100mg	FRAP (µM sulfato ferroso/100mg)
AGL	223,70±7,97 ^b	101,08±5,06 ^a	260,61±21,92 ^b	2,50±0,13 ^b
MGL	115,52±14,86 ^c	88,02±10,76 ^c	40,63±4,18 ^d	0,52±0,05 ^c
AGD	222,17±3,80 ^b	86,82±3,20 ^c	322,74±8,30 ^a	3,19±0,14 ^a
MGD	410,57±5,42 ^a	92,60±8,70 ^b	251,96±10,46 ^c	2,57±0,08 ^b

AGL: Andu germinado liofilizado; MGL: Mangalô germinado liofilizado; AGD: Andu germinado desidratado; MGD: Mangalô germinado desidratado; FT: Fenólicos totais. Letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre as amostras (One Way ANOVA e Teste Tukey, $p < 0,05$).

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Foi constatado que o AGL possui maior quantidade de fenólicos totais (FT) que o feijão MGL. Observa-se que o processo da desidratação dos feijões germinados provocou um aumento dos FT no MGD, mas não houve diferença significativa ($p > 0,05$) para a AGD.

Algumas pesquisas são divergentes no que se refere à influência do tratamento térmico (TT) nos compostos bioativos e sua respectiva AA nas leguminosas (RAKIC *et al.* 2007; RANILLA *et al.*, 2009; FARES; MENGA, 2012; MAHESHU *et al.*, 2013; SETIA *et al.*, 2019; XU *et al.*, 2020).

Fares e Menga (2012) avaliaram os efeitos da secagem nas propriedades antioxidantes de farinha de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) e constataram que a

secagem do grão de bico aumentou as propriedades antioxidantes da farinha, com aumento significativo ($p < 0,05$) dos fenólicos totais. De acordo com Rakic *et al.* (2007), a maior AA foi correlacionada com o maior conteúdo de FT em extratos das sementes tratadas termicamente e que, possivelmente a ruptura das paredes celulares, através do aquecimento ou a degradação de compostos fenólicos insolúveis, poderia ter levado a uma melhor extratibilidade desses compostos. Sandhu *et al.* (2017) citam que a desidratação na elaboração da farinha de aveia aumentou TF em 11,5-27,1%.

Pradeep e Guha (2011) investigaram o efeito da germinação e secagem nas propriedades nutracêuticas e antioxidantes do *Panicum sumatrense* e mostraram que o conteúdo total de FT, flavonoides e taninos do milho processado aumentou em 21,2, 25,5 e 18,9 mg/100 g, respectivamente, em comparação com a amostra sem processamento. Os autores sugeriram que o aumento de FT durante a secagem foi devido ao aumento da extratibilidade de fenóis ligados dos constituintes celulares pela degradação térmica.

Por outro lado, na investigação realizada por Ranilla *et al.* (2009) foi detectado que a secagem diminuiu a AA em 10-40%, medido pelo ensaio do DPPH• em três genótipos de feijão fava australianos. Segundo os autores, o aquecimento aplicado, através de vários métodos de cozimento, diminuiu o conteúdo fenólico em diferentes tipos de leguminosas. O TT a seco da leguminosa *Dolichos lablab* L. também causou redução do teor de FT quando comparado às amostras sem tratamento, mas promoveu um aumento notável no teor de taninos ($1,809 \pm 0,25$ g de GAE/extrato de 100 g) (MAHESHU *et al.*, 2013). Siah *et al.* (2012) observaram que a secagem levou a uma redução de 13-50% nos compostos FT e de 7- 40% no conteúdo total de flavonoides (TFC) de diferentes genótipos de Feijão Fava.

Agume e colaboradores (2017) citam que o teor FT (0,29-0,51 g/100g) também não variou significativamente ($p > 0,05$) após o processo de secagem da soja (110°C/10 min). Para Siddhuraju (2006) a estabilidade de produtos antioxidantes, como fenólicos e flavonoides durante o aquecimento, talvez seja devido à formação de produtos Maillard, como o hidroximetilfurfuraldeído (HMF) que produz alta atividade antioxidante.

De acordo com Granito *et al.* (2007) o TT, como o cozimento, pode promover a degradação entre os anéis aromáticos dos compostos fenólicos, levando a reações de polimerização ou quebras estruturais, que se refletem no menor conteúdo fenólico nos grãos cozidos. Neste trabalho, como se trata do tratamento térmico visando a

desidratação, o mecanismo pode ter sido outro. Assim, possivelmente, o aumento dos fenólicos totais no MGD seja decorrente da reação de “maillard” que acontece no processo de desidratação por aquecimento, com produção de novos compostos fenólicos. Fares e Menga (2012) também mostraram que os produtos relacionados à reação de Maillard formados durante a secagem, podem ter contribuído pelos aumentos nos compostos fenólicos totais (FT) e a atividade antioxidante (TEAC) da farinha de grão de bico.

Benevides *et al.* (2019) avaliaram o efeito da germinação e desidratação nos compostos bioativos e AA de sementes de *Cajanus cajan* L. (feijão andu) e *Phaseolus lunatus* L. (feijão mangalô) originárias do Peru e citam um aumento nas concentrações dos FT e flavonoides em ambas leguminosas, após a germinação. Com relação à atividade antioxidante pelo método da inibição do DPPH• foi verificado um aumento significativo ($p > 0,05$) após a germinação para o feijão mangalô. Nas amostras de feijão andu verificou-se um comportamento diferente, com redução significativa da capacidade de inibição do radical.

Os compostos fenólicos nas plantas são vistos como poderosos antioxidantes *in vitro* devido à sua capacidade de doar hidrogênio ou elétrons e formar intermediários radicais estáveis (SCALBERT *et al.*, 2005). Entre os compostos polifenólicos, os flavonoides são o grupo mais importante de fenóis de plantas com potencial antioxidante (RIBEIRO *et al.*, 2007). Com relação aos flavonoides, o AGL também apresentou maior quantidade que o MGL. O processo térmico de desidratação provocou uma redução na concentração dos flavonóides no AGD, ocorrendo o inverso para o MGD.

Segundo Ojwang *et al.* (2012), os flavonoides são amplamente distribuídos em plantas e estão em grande parte concentrados no revestimento da semente impactando na cor do revestimento da mesma. E, dentre os flavonoides, as antocianinas estão associadas à pigmentação nas plantas e atraem o interesse por suas fortes propriedades antioxidantes (GIUSTI, *et al.* 2017; TETERYCZ *et al.*, 2020).

Os compostos fenólicos têm a capacidade de doar um átomo de hidrogênio ou um elétron ao radical livre para formar intermediários estáveis, reduzindo a atividade antioxidante (AA), sendo que estão presentes em uma grande variabilidade de leguminosas e depende da origem das sementes, da região de cultivo das mesmas, dentre outros (AMAROWICZ; PEGG, 2008). A atividade antioxidante de compostos fenólicos presentes em sementes de leguminosas comestíveis é de interesse e comumente relatada

em muitos estudos recentes (YU-WEI *et al.*, 2015; NYAU *et al.*, 2016; LIMMONGKON *et al.*, 2017)

O AGL apresentou uma AA superior ao MGL, o mesmo ocorrendo com as amostras desidratadas das respectivas leguminosas pelos dois ensaios (DPPH• e FRAP). Foi observado que o processo de desidratação aumentou a AA pelos dois ensaios das duas leguminosas (Tabela 3). Possivelmente, isto ocorreu devido ao aumento dos compostos FT após a desidratação, em especial no MGL demonstrando uma correlação positiva.

De acordo Ramírez-Jiménez *et al.* (2014), diferentes técnicas de processamento podem ser aplicadas para melhorar as características funcionais das leguminosas e o aquecimento seco (60°C/12h) mostra preservar propriedades antioxidantes na farinha de feijão cozido, o mesmo ocorrendo neste trabalho, principalmente para o MGD.

Por outro lado, Xu e Chang (2008) correlacionaram a redução da AA dos feijões cozidos à dissolução de antioxidantes solúveis na água de hidratação, quando a mesma não é utilizada durante o cozimento, além do efeito da temperatura.

Amarowicz e Shahidi (2017) avaliaram a AA do extrato da semente de *Vicia faba* pelo método do DPPH• e encontraram 0,583 mmol trolox eq/g. Chaieb *et al.* (2011) avaliaram treze genótipos de feijão fava (*Vicia faba* L), cultivados na Tunísia e citam que os resultados da AA pelo ensaio FRAP, expressos em mmol Fe (II)/g da amostra seca, variou de 2.475 a 5.931 e que os do ensaio DPPH• expressos como EC50 (mg da amostra seca/mg DPPH•) variaram de 7,07 a 11,13.

Sabe-se que a fonte de cada extrato, fatores ambientais e o solvente utilizado para extração, dentre outros podem influenciar nas diferenças nos níveis de AA nos ensaios de DPPH• e FRAP. Não há um método universal e de consenso entre os pesquisadores para a determinação da AA de amostras alimentícias, uma vez que estas são matrizes complexas possuindo diversos compostos bioativos com características químicas específicas. Foram selecionados os ensaios (DPPH• e FRAP) para avaliar a AA das amostras das leguminosas neste estudo, uma vez que estes métodos são simples, relativamente rápidos de realizar, atuam por dois mecanismos de ação complementares e que podem fornecer informações valiosas sobre o tipo de antioxidantes presentes nas amostras, inclusive sobre seu mecanismo de ação.

O método de FRAP baseia-se na redução, em meio ácido, de um complexo férrico de TPTZ (2,4,6- tripiridil-s-triazina) a um complexo ferroso de TPTZ com uma forte coloração azul escura. Quanto maior for a capacidade antioxidante da amostra, maior será

a produção do complexo ferroso de TPTZ (APAK *et al.*, 2007). Neste método, apenas ocorre um mecanismo de transferência de elétrons (BENZIE; STRAIN, 1996). Uma das limitações desta técnica consiste no fato de apenas avaliar a capacidade da amostra em reduzir íons férricos e não a sua capacidade em neutralizar radicais livres ou outras espécies antioxidantes. Por sua vez, o ensaio de DPPH• mede a capacidade de substâncias antioxidantes presentes nas amostras em neutralizar os radicais DPPH• (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl). Em solução etanólica, o DPPH• apresenta uma forte coloração roxa, que apresenta um máximo de absorvância entre 515 e 520 nm. Ao entrar em contato com os compostos antioxidantes na amostra, estes vão neutralizar o radical doando um átomo de hidrogênio e convertendo o DPPH• num derivado incolor. A perda de cor pode ser monitorizada ao longo do tempo de 40 min por espectrofotometria e está correlacionada com a capacidade antiradicalar da amostra testada (APAK *et al.*, 2007; TIRZITIS; BARTOSZ, 2010).

Com o objetivo de analisar a relação dos compostos FT e AA através do processo de desidratação dos grãos germinados de andu e mangalô, foi realizada a análise de correlação entre o teor de FT e flavonoides e os métodos de ensaio de AA (Tabela 4).

Tabela 4- Coeficientes de correlação linear entre teor de FT e flavonoides e AA (DPPH e FRAP)

Ensaios	DPPH	FRAP	Fenólicos Totais	Flavonoides
DPPH	1	,992**	,533	,248
FRAP	,992**	1	,570	,202
Fenólicos Totais	,533	,570	1	,204
Flavonoides	,248	,202	,204	1

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Observa-se na Tabela 4 que foi encontrada uma correlação positiva entre o teor de FT e o método DPPH e FRAP ($r = 0,533$ e $r = 0,570$).

Pesquisas anteriores revelaram que o maior teor de FT em leguminosas aumentou correspondentemente a AA, demonstrando uma forte correlação entre os compostos fenólicos e a AA que variou entre ($r = 0,609$ a $0,86$) (AKOND *et al.*, 2011; WANG *et al.*, 2011; DALARAM *et al.*, 2013; SILVA *et al.*; 2018; LIMMONGKON *et al.*, 2017).

Maheshu e colaboradores (2013) encontraram alto coeficiente de correlação entre FT e capacidade antioxidante ($r = 0,933$), mas uma correlação fraca com TEAC, capacidade redutora de íons férricos e ensaios FT. Além disso, o teor de taninos deu a correlação entre ($r = 0,644-0,997$) com todos os ensaios antioxidantes. Para os autores,

esses baixos valores de correlação entre os FT e a AA sugerem que os principais compostos antioxidantes nas sementes estudadas podem ser os taninos.

O resultado da correlação neste estudo não foi tão alto quando comparado aos dos estudos supracitados. Possivelmente, seja devido a não predominância de FT nas amostras como compostos antioxidantes. A resposta antioxidante sinérgica não só decorre apenas dos compostos fenólicos, mas possivelmente da interação de outros fitoquímicos no extrato bruto, tamanho da molécula das estruturas dos compostos fenólicos, dentre outros (WANG *et al.*, 2011). Prior *et al.* (2005) mostraram que moléculas pequenas podem acessar o radical DPPH melhor do que as maiores e parecem mudar de cor mais rapidamente. Portanto, os compostos bioativos de baixo peso molecular avaliados pelo método DPPH no presente estudo, possivelmente, correlacionaram-se positivamente com os teores de FT.

Limmongkon *et al.* (2017), determinaram a AA, teor de FT e resveratrol em cinco cultivares de brotos de amendoim e mostraram que a correlação positiva entre os métodos DPPH e FRAP também foi observada ($r = 0,773$). Ambos os métodos (DPPH e FRAP) detectam a AA de transferência de elétrons para reduzir qualquer composto oxidante. Sugere-se que não existe um único ensaio para medir a capacidade antioxidante global, uma vez que os ensaios individuais ilustram diferentes aspectos do comportamento antioxidante. A avaliação da AA generalizada pode precisar de vários ensaios para melhorar o perfil antioxidante geral do extrato vegetal. Marathe *et al.* (2011) observaram uma correlação positiva significativa entre a atividade fenólica e antioxidante de leguminosas comumente consumidas na Índia.

As variações ocorridas nos componentes nutritivos e bioativos nas leguminosas germinadas e desidratadas podem ser devidas as características químicas específicas dos mesmos, reações sucessivas gerando metabólitos secundários, além das diferenças varietais as quais dependem das suas espessuras e permeabilidades do revestimento das sementes o que poderia interferir na difusão dessas substâncias durante o tratamento térmico.

Na tabela 5 estão apresentadas as concentrações dos vitâmeros das leguminosas germinadas liofilizadas e desidratadas.

Tabela 5 – Vitâmeros das leguminosas germinadas liofilizadas e desidratadas.

Amostra	α -T (mg/100g)	α -T3 (mg/100g)	γ -T (mg/100g)	δ -T (mg/100g)	T totais (mg/100g)	Atividade Vit E
AGL	0,53±0,01 ^a	0,07±0,01 ^a	1,29±0,30 ^b	0,09±0,00 ^b	1,97±0,32 ^b	0,66±0,04 ^b

MGL	0,13±0,01 ^b	0,04±0,01 ^a	1,37±0,40 ^b	0,17±0,03 ^a	1,70±0,42 ^b	0,27±0,03 ^c
AGD	0,52±0,06 ^a	0,09±0,01 ^a	2,55±0,46 ^a	0,11±0,01 ^b	3,27±0,51 ^a	0,78±0,11 ^a
MGD	0,11±0,01 ^b	0,08±0,01 ^a	0,50±0,24 ^c	0,08±0,01 ^b	0,77±0,27 ^c	0,17±0,02 ^d

AGL: Andu germinado liofilizado; MGL: Mangalô germinado liofilizado; AGD: Andu germinado desidratado; MGD: Mangalô germinado desidratado. Letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre as amostras (One Way ANOVA e Teste Tukey, $p < 0,05$).

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

A "vitamina E" inclui os tocoferóis (T) e tocotrienóis (T3). O resíduo de fitilo em -2 dos tocoferóis é saturado, enquanto que o dos tocotrienóis contém três ligações duplas. Tanto os tocoferóis quanto os tocotrienóis existem em quatro congêneres diferentes (vitâmeros) chamados alfa(α), beta(β), gama(γ) e delta (δ), que diferem no padrão de metilação do anel benzopirano, com três grupos metilo (em C-5, C-7, C-8), dois grupos metilo (em C-5, C-8 ou C-5, C-7), ou um grupo metilo (em C-8), respectivamente (BOSCHIN; ARNOLDI, 2011).

Os tocoferóis exibem propriedades antioxidantes e são ativos como vitamina E, o que os torna particularmente importantes para a saúde humana (RAMADAN; MORSEL, 2004).

O α -Tocoferol é o E-vitâmero com maior atividade biológica, enquanto que, os outros vitâmeros possuem atividade biológica reduzida (WYATT *et al.*, 1998). Embora o γ -T seja o congêneres mais abundante em todas as leguminosas e o mais eficiente na prevenção da auto-oxidação alimentar, sua contração para a atividade total de vitamina E é apenas um décimo do α -T (Eq.1). Alguns estudos mostraram que o mesmo possui outras atividades biológicas características úteis como a inibição de reações oxidativas mediadas pelo NO_2 e outras espécies de nitrogênio reativo (BOSCHIN; ARNOLDI, 2011). Além disso, estudos epidemiológicos sugeriram que o γ -T pode proteger contra doenças cardiovasculares, pois seus níveis plasmáticos estão inversamente associados ao aumento da morbidade e mortalidade (AMAROWICZ; PEGG, 2008).

Uma vez que a composição dos tocoferóis nos alimentos é complexa e a atividade biológica de cada congêneres depende da sua estrutura específica, o parâmetro mais útil para comparar diferentes itens alimentares é a atividade da vitamina E, a qual é calculada com a Equação 1:

$$\text{Atividade Vit: E} = 1,0 \times \alpha\text{-T} + 0,5 \times \beta\text{-T} + 0,1 \times \gamma\text{-T} + 0,03 \times \delta\text{-T} \quad \text{Eq. 1}$$

Avaliando-se a Tabela 5, observa-se que o feijão AGL possui maior quantidade de tocoferóis totais e atividade de vit E que o feijão MGL, o mesmo ocorrendo após a

desidratação. A desidratação do feijão germinado promoveu um aumento dos tocoferóis totais e atividade de vit. E para o feijão andu e um decréscimo para o feijão mangalô. A variação dos tocoferóis totais foi mais evidente para o γ -T.

De acordo Padhi *et al.* (2017), o processamento das leguminosas, como o cozimento pode promover alterações nas concentrações do γ -T. Wyatt *et al.* (1998) mostraram que o α -T é sensível ao tratamento térmico, enquanto o γ -T é relativamente resistente, o que sugere que o processamento afeta a atividade da vit. E das leguminosas e pode explicar por que a proporção dos isômeros de tocoferol favoreceu o γ -T no estudo de Wyatt *et al.* (1998). Os autores citam ainda que, no grupo das leguminosas, a variedade do grão de bico garbanzo e feijões preto e pinto apresentaram pouca perda de cozimento, variando de 9% para o feijão garbanzo a 17% para o feijão pinto.

Segundo Olanipekun *et al.* (2015), a vit. E foi reduzida em 11,47% após a secagem do feijão kidney para elaboração de farinha. De uma maneira geral, considerando-se os tocoferóis individuais (mg/100g), houve uma variação dos mesmos entre as leguminosas e tratamentos com predominância do γ -T (0,50 a 2,55), seguido do α -T (0,11 a 0,53) e traços de δ -T (0,08 a 0,017) e α -T3 (0,04 a 0,09). Os tocoferóis majoritários (γ -T; α -T e δ -T) representaram 72%, 16,14% e 7,6% respectivamente, dos tocoferóis totais. Esses resultados são similares aos de Padhi *et al.* (2017), os quais citam que dentre os tocoferóis totais nas várias cultivares de leguminosas canadense o isômero mais abundante foi γ -T (63,6 %) seguido de α -T (28,0 %) e δ -T (8,4 %).

O processo de TT pode modificar o conteúdo de tocoferóis em sementes de leguminosas como a extrusão que reduziu o teor de tocoferóis, e em particular o γ -T, na ervilha (*Lathyrus sativus* L.) (AMAROWICZ; PEGG, 2008).

Kalogeropoulos *et al.* (2010) estudaram diferentes tipos de leguminosas e encontraram baixos teores de tocoferóis, variando entre 0,26 e 1,78 mg/100 g, com valores mais baixos nos feijões e maiores em grão-de-bico, sendo que o δ -T predominou em feijões *Vigna unguiculata* e numa variedade de *P. vulgaris*, o ($\beta + \delta$)-T predominaram nas outras amostras de leguminosas, e o α -T foi o menos abundante em todos os casos. Esses resultados foram similares aos encontrados neste trabalho (Tabela 5).

Boschin, e Arnoldi (2011) detectaram valores bem superiores quando quantificaram os tocoferóis em diversas leguminosas (soja, grão-de-bico, lentilha, ervilha, feijões, amendoim e tremoço). Em todas as amostras, o congênere γ -T foi o tocoferol mais abundante, seguido de pequenas quantidades de α -T (exceto o feijão

comum que não apresentou esse congêneres). Em outros trabalhos também foram observadas uma grande variabilidade, com teores de 1,5 a 6,5 mg/100 g (RYAN *et al.*, 2007), o que pode ser explicado pela grande variabilidade do germoplasma dessa leguminosa (BOSCHIN; ARNOLDI, 2011). Neste trabalho a variação foi de 1,71 (*P. lunatus*) a 1,98 (*C. cajan*) mg/100 g de sementes (Tabela 5).

Yoshida, *et al.* (2010) não detectaram α -T em feijões *P. vulgaris* e *P. coccineus*. Em cultivares de feijão *Vicia fava*, os principais homólogos de tocoferol foram γ -T (> 75,0%), seguido de α -T (22,1-22,6%) e vestígios de δ -T (<2,2%). Essa distribuição diferiu de outras sementes, como ervilhas (*Pisum sativum* L.), 85,3% de γ -T, 8,0% de δ -T e 6% de α -T (YOSHIDA *et al.*, 2007) e feijão azuki (*Vigna angularis*), 77,6% δ -T e 22,4% γ -T (YOSHIDA *et al.*, 2008).

Os resultados deste trabalho demonstram a importância das leguminosas germinadas em estudo na forma de farinhas como fonte de proteínas, minerais, fibras, além de compostos bioativos como fenólicos totais e tocoferóis com atividade antioxidante. O conhecimento da composição dos nutrientes e o efeito do processamento nesses nutrientes, será útil como fonte de informação para o uso dessas farinhas como ingredientes funcionais em formulações alimentícias, uma vez que fatores como interação entre nutrientes, estabilidade da matriz alimentar e vida útil dessas farinhas podem influenciar nos novos produtos como extrusados, massas, biscoitos, dentre outros (BESSADA *et al.*, 2019; SAGET *et al.*, 2020; FERREIRA *et al.*, 2021; RAHATE *et al.*, 2021).

Além disso, existem oportunidades de agregar valor a várias leguminosas na forma de farinha, uma vez que as mesmas são comumente consumidas no estágio de maturação “verde” ou na forma de sementes cozidas. Assim, as farinhas de leguminosas germinadas podem ser consideradas mais uma alternativa de alimentos prontos para uso em formulações e refeições especiais para a população em geral e grupos específicos, por exemplo, portadores de doenças celíacas, pois fornecem uma ampla gama de efeitos positivos, tanto fisiológicos como metabólicos. No entanto, o processamento sempre será um desafio nas alegações funcionais dos alimentos, uma vez que poderá interferir na biodisponibilidade e funções biológicas dos seus nutrientes e compostos bioativos, necessitando, dessa forma, de novas pesquisas envolvendo outras técnicas de processamento e novas variedades e espécies de leguminosas.

5. CONCLUSÕES

Conclui-se que o processo de desidratação na elaboração de farinhas de leguminosas germinadas promoveu mudanças no valor nutricional e nos compostos bioativos, conseqüentemente, na sua atividade antioxidante. Essas alterações foram dependentes do tipo de leguminosa e das condições de processamento, podendo ser positivas ou negativas. De uma maneira geral, os efeitos da desidratação neste trabalho foram positivos, pois observou-se que o processo da desidratação dos feijões germinados provocou um aumento dos FT no MGD e não houve diferença significativa ($p>0,05$) para a AGD. Também foi encontrada uma correlação positiva entre o teor de FT e o método DPPH e FRAP, reforçando dados de pesquisas anteriores que revelaram que um maior teor de FT em leguminosas aumentou correspondentemente a AA, o que demonstra uma forte correlação entre os compostos fenólicos e a AA em leguminosas.

Desse modo, a elaboração de farinhas de leguminosas germinadas pode ser considerada como mais uma alternativa para a inserção desses produtos na dieta dos indivíduos, principalmente em formulações alimentícias com alegação de propriedades funcionais e para variação da dieta de pessoas celíacas.

O presente trabalho se limitou ao tratamento térmico por desidratação de farinhas germinadas, entretanto, outras etapas de processamento para a confecção de produtos alimentícios mais complexos podem alterar significativamente a composição nutricional. Sugere-se que outros trabalhos sejam realizados, de modo a avaliar outras condições de processamento das leguminosas, de forma a reduzir ao mínimo suas propriedades funcionais.

REFERÊNCIAS

- ACQUAH, C.; OHEMENG-BOAHEN, G.; POWER, K. A.; TOSH, S.M. The Effect of Processing on Bioactive Compounds and Nutritional Qualities of Pulses in Meeting the Sustainable Development Goal 2. Review. **Front. Sustain. Food Syst**, v.5, p. 681662, 2021. Disponível em: 10.3389/fsufs.2021.681662. Acesso em: 10 fev. 2023.
- ADE-OMOWAYE, B. I. O.; TUCKER, G. A.; SMETANSKA I. Nutritional potential of nine underexploited legumes in Southwest Nigeria. **Int. Food Res. J.**, v. 22, n. 2, p. 798-806, 2015.
- ADEYEYE, E. I. Effect of cooking and roasting on the amino acid composition of raw groundnut (*Arachis Hypogaea*) seeds. **Acta Sci Pol, Technol Aliment**, v. 9, n. 2, p.201-216, 2010.
- AGUILERA, I.; MARTIN-CABREJAS, M. A.; Benítez, V. *et al.* Changes in carbohydrate fraction during dehydration process of common legumes. **J Food Compost Anal.**, v. 22, n. 1, 678-683, 2009.
- AGUME, A. S. N.; NJINTANG, N. Y.; MBOFUNG, C. M. F. Effect of Soaking and Roasting on the Physicochemical and Pasting Properties of Soybean Flour. **Foods**, v. 6, n. 2, p. 12, 2017.
- AKONG, G. M. A. S. M.; KHANDAKER, L.; BERTHOLD, J. *et al.* Anthocyanin, total polyphenols and antioxidant activity of common bean. **Am. J. Food Technol.**, v. 6, n. 5, p. 385-394, 2011.
- ALMEIDA-COSTA, G. E.; QUEIROZ-MONICI, K. S.; REIS, S. M. P. M. *et al.* Chemical composition, dietary fibre and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and lentil legumes. **Food Chem.**, v. 94, n. 1, p. 327-330, 2006.
- ALVES, A. U.; OLIVEIRA, A. P.; Alves, A. U. *et al.* Lima beans production and economic revenue as function of organic and mineral fertilization. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 2, p. 251-254, 2008.
- ALVES, R.; COSTA, A.; Jerez, M. *et al.* Antiradical activity, phenolics profile, and hydroxymethylfurfural in espresso coffee: Influence of technological factors. **J. Agric. Food Chem.**, v. 58, n. 1, p. 12.221-12.229, 2010.
- AMAROWICZ, R.; PEGG, R. B. Legumes as a source of natural antioxidants. **Eur. J. Lipid Sci. Technol.**, v. 110, n. 1, 865-878, 2008.
- AMAROWICZ, R.; SHAHIDI, F. Antioxidant activity of broad bean (*Vicia faba*) seed extract and its phenolic composition, **Journal of Functional Foods**, v. 38, n. 1(Part B), p. 656-662, 2017.
- ANIGO, I. A.; AMEH, D. A; IBRAHIM, S. *et al.* (2009). Nutrient composition of commonly used complimentary foods in North Western Nigeria. **Afr. J. Biotech.**, v. 8, n. 17, p. 4211-4216, 2009.

APAK, R.; GÜÇLÜ, K.; DEMIRATA, B. *et al.* Comparative evaluation of various total antioxidant capacity assays applied to phenolic compounds with the CUPRAC assay. **Molecules**, v. 12, n. 7, p. 1496-547, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 12.966-2:2011: **Animal and vegetable fats and oils -- Gas chromatography of fatty acid methyl esters -- Part 2: Preparation of methyl esters of fatty acids.** Disponível em: <https://www.iso.org/standard/43172.html>. Acesso em: 20 out. de 2021.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official methods of analysis of AOAC International.** 21. ed. Washington: AOAC, 2012. 3390 p.

BELTRAME, T. P.; RODRIGUES, E. Comparação de diferentes densidades de feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) na restauração florestal de uma área de reserva legal no Pontal do Paranapanema, SP. **Sci For.**, v. 36, n. 80, p. 317-327, 2008.

BENEVIDES, C. M. J.; COSTA, A. S. G.; PINTO, D. *et al.* Germinação e Desidratação de Leguminosas: Efeito na Composição Nutricional, Compostos Bioativos e Atividade Antioxidante de Feijão Andu e Mangalô do Peru. **Rev. Virtual de Química**, v. 11, n. 4, p. 1249-1264, 2019.

BENZIE, I. F. F.; STRAIN, J. J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: The FRAP assay. **Anal. Biochem.**, v. 239, n. 1, 70-76, 1996.

BERNI, P. R. A.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Efeito da germinação e da sanitização sobre a composição centesimal, teor de fibras alimentares, fitato, taninos e disponibilidade de minerais em trigo. **Alim. Nutr.**, v. 22, n. 1, p. 407-420, 2011.

BESSADA, S. M. F.; BARREIRA, J. C. M.; OLIVEIRA, M. B. P. P. Pulses and food security: dietary protein, digestibility, bioactive and functional properties. **Trends Food Sci. Technol.**, v. 93, n. 1, 53-68, 2019.

BETANCUR-ANCONA, D.; MARTÍNEZ-ROSADO, R.; CORONA-CRUZ, A. *et al.* Functional properties of hydrolysates from *Phaseolus lunatus* seeds. **Int. J. Food Sci. Technol.**, v. 44, n. 1, p. 128-137, 2009.

BHATTA, S.; JANEZIC, T.S.; RATTI, C. Freeze-Drying of Plant-Based Foods. **Foods**, v. 9, n. 1, p.87-102, 2020.

BOSCHIN, G.; ARNOLDI, A. Legumes are valuable sources of tocopherols. **Food Chem.**, v. 127, n. 1, p. 1199-1203, 2011.

[CAPRIOLI G.](#); [GIUSTI F.](#); [BALLINI R.](#) *et al.* Lipid nutritional value of legumes: Evaluation of different extraction methods and Determination of fatty acid composition. **Food Chem.**, v. 192, n. 1, p. 965-971, 2016.

CHAIEB, N.; GONZÁLEZ, J. L.; LÓPEZ-MESAS, M. *et al.* Polyphenols content and antioxidant capacity of thirteen faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes cultivated in Tunisia, **Food Res. Int.**, 44, 970–977, 2011.

CHINMA, C. E.; ABU, J. O.; ASIKWE, B. N. *et al.* Effect of germination on the physicochemical, nutritional, functional, thermal properties and in vitro digestibility of Bambara groundnut flours. **LWT**, v. 140, ID 110749, 2021. Disponível em: doi: 10.1016/j.lwt.2020.110749. Acesso em: 10 fev. 2023.

COSTA, A. S. G.; ALVES, R. C.; VINHA, A. F. *et al.* Optimization of antioxidants extraction from coffee silverskin, a roasting by-product, having in view a sustainable process. **Ind. Crops Prod.**, v. 53, n.1, p. 350-357, 2014.

EL ANANY, A.M. Nutritional composition, antinutritional factors, bioactive compounds and antioxidant activity of guava seeds (*Psidium Myrtaceae*) as affected by roasting processes. **J Food Sci Technol.**, v. 52, n. 4, p. 2175-2183, 2015.

FARES, C.; MENGA, V. Effects of toasting on the carbohydrate profile and antioxidant properties of chickpea (*Cicer arietinum* L.) flour added to durum wheat pasta. **Food Chem.**, v. 131, n.1, p. 1140-1148, 2012.

FASOYIRO, S. B.; AKANDE, S. R.; AROWORA, K. A. *et al.* Physico-chemical and sensory properties of pigeon pea (*Cajanus cajan*) flours. **Afr. J. Food Sci.**, v. 4, n. 3, p. 120-126, 2010.

FERNANDES, T. J. R.; ALVES, R. C.; SOUZA, T. *et al.* Lipid content and fatty acid profile of Senegalese sole (*Solea senegalensis* Kaup, 1858) juveniles as affected by feed containing different amounts of plant protein sources. **Food Chem.**, v. 134, n. 1, p. 1337-1342, 2012.

FERREIRA, H.; VASCONCELOS, M.; GIL, A. M. *et al.* Benefits of pulse consumption on metabolism and health: a systematic review of randomized controlled trials. **Crit. Rev. Food Sci. Nutr.**, v. 61, n. 1, p. 85-96, 2021.

FUJITA, K.; KAI, Y.; TAKAYANAGI, M. *et al.* Genotypic variability of pigeonpea in zistribution of photosynthetic carbon at low phosphorus level. **Plant Sci.**, v. 166, n. 1, p. 641-649, 2004.

GHIASSI TARZI, B.; GHARACHORLOO, M.; BAHARINIA, M. *et al.* The effect of germination on phenolic content and antioxidant activity of chickpea. **IJPR**, v. 11, n. 4, p. 1137-1143, 2012.

GIUSTI, F.; CAPRIOLI, G.; RICCIUTELLI, M. *et al.* Determination of fourteen polyphenols in pulses by high performance liquid chromatography-diode array detection (HPLC-DAD) and correlation study with antioxidant activity and colour. **Food Chem.**, v. 221, n. 1, p. 689-697, 2017.

GRANITO, M.; BRITO, Y.; TORRES, A. Chemical composition, antioxidant capacity and functionality of raw and processed (*Phaseolus lunatus*). **J. Sci. Food Agric.**, v. 87, n. 15, p. 2801-2809, 2007.

HERNANDEZ-AGUIRRE, A. I.; TÉLLEZ-PÉREZ, C.; SAN MARTÍN-AZÓCAR, A. *et al.* Effect of instant controlled pressure-drop (DIC), cooking and germination on non-nutritional factors of common vetch (*Vicia sativa* spp.). **Molecules**, v. 25, n. 1, p. 151, 2020.

- HOOVER, R.; ZHOU, Y. In vitro and in vivo hydrolysis of legume starches by α -amylase and resistant starch formation in legumes - a review. **Carbohydr. Polym.**, v. 54, n. 1, p. 401-417, 2003.
- KALOGEROPOULOS, N.; CHIOU, A.; IOANNOU, M. *et al.* Nutritional evaluation and bioactive microconstituents (phytosterols, tocopherols, polyphenols, triterpenic acids) in cooked dry legumes usually consumed in the Mediterranean countries. **Food Chem.**, v. 121, n. 1, p. 682-690, 2010.
- KHALIL, M. I.; SALIH, M. A.; MUSTAFA, A. A. Study of fatty acid composition, physicochemical properties and thermal stability of broad beans (*Vicia faba*) seed oil. **Agric, Biol, J, N, Am**, v. 8, n. 4, p. 141-146, 2017.
- KROMHOUT, D.; DE GOEDE, J. Update on cardiometabolic health effects of ω -3 fatty acids. **Curr. Opin. Lipidol.**, v. 25, n. 1, p. 85-90, 2014.
- KUTOS, T.; GOLOB, T.; KAC, M. Plestenjak, A. Dietary fibre content of dry and processed beans. **Food Chem.**, v. 80, n.1, p. 231-235, 2003.
- LIMMONGKON, A.; JANHOM, P.; AMTHONG, A. *et al.* Antioxidant activity, total phenolic, and resveratrol content in five cultivars of peanut sprouts. **Asian Pac J Trop Biomed.**, v. 7, n. 4, p. 332-338, 2017.
- LIU, Y.; RAGAE, S.; MARCONE, M. F. *et al.* (2020). Composition of phenolic acids and antioxidant properties of selected pulses cooked with different heating conditions. **Foods**, v. 9, n. 1, p. 908, 2020.
- MAHADEVAMMA, S.; THARANATHAN, R. N. Processing of legumes: resistant starch and dietary fiber contents. **J Food Qual.**, v. 27, n. 4, p. 289-303, 2004.
- MAHESHU, V.; PRIYADARSINI, D. T.; SASIKUMAR, J. M. Effects of processing conditions on the stability of polyphenolic contents and antioxidant capacity of Dolichos lablab L. **J Food Sci Technol.**, v. 50, n. 4, p. 731-738, 2011.
- MALEKI, S.; RAZAVI, S. H. Pulses' germination and fermentation: two bioprocessing against hypertension by releasing ACE inhibitory peptides. **Critic. Rev. Food Sci. Nutr.**, v. 60, n. 1, 1-18, 2020.
- MARATHE, S. A.; RAJALAKSHMI, V.; JAMDAR, S. N. *et al.* Comparative study on antioxidant activity of different varieties of commonly consumed legumes in India. **Food Chem. Toxicol.**, v. 49, n. 1, p. 2005-2012, 2011.
- MBAH BO, EME P. E.; EZE, C. N. Nutrient potential of Almond seed (*Terminalia catappa*) sourced from three states of Eastern Nigeria. **Afr J Agric Res.**, v. 8, n. 7, p. 629-633, 2013.
- NJINTANG N. Y.; MBOFUNG, C. M. F.; WALDRON, K.W. In Vitro Protein Digestibility and Physicochemical Properties of Dry Red Bean (*Phaseolus vulgaris*) Flour: Effect of Processing and Incorporation of Soybean and Cowpea Flour. **J. Agric. Food Chem.**, v. 49, n. 1, p. 2465-2471, 2001.

NUNES, A. M.; COSTA, A. S. G.; BESSADA, S. *et al.* Olive pomace as a valuable source of bioactive compounds: A study regarding its lipid- and water-soluble components. **Sci Total Environ.**, v. 644, n.1, p. 229-236, 2018.

NYAU, V.; PRAKASH, S.; RODRIGUES J. *et al.* Screening Different Zambian Market Classes of Common Beans (*Phaseolus vulgaris*) for Antioxidant Properties and Total Phenolic Profiles. **J. Food Nutr. Res.**, v. 4, n. 4, p. 230-236, 2016.

ODENY, D. A. The potential of pigeonpea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) in Africa. **Nat. Resour. Forum.**, v. 31, n. 1, p. 297-305, 2007.

OJWANG, L. O.; DYKES, L.; AWIKA, J. M. Ultra performance liquid chromatography-tandem quadrupole mass spectrometry profiling of anthocyanins and flavonols in Cowpea (*Vigna unguiculata*) of varying genotypes. **J. Agric. Food Chem.**, v. 60, n. 14, p. 3735-3744, 2012.

OLANIPEKUN, O.T.; OMENNA, E.C.; OLAPADE O.A. *et al.* Effect of boiling and roasting on the nutrient composition of kidney beans seed flour. **Sky Journal of Food Science**, v. 4, n. 2, p. 24-29, 2015.

OSORIO-DÍAZ, P.; BELLO-PÉREZ, L. A.; SAYAZO-AYERDI, S. G. *et al.* Effect of processing and storage time on Kutos. **J. Sci. Food Agric.**, v. 83, n. 1, p. 1283-1288, 2003.

PADHI, E. M.T.; LIU, R.; HERNANDEZ, M. *et al.* Total polyphenol content, carotenoid, tocopherol and fatty acid composition of commonly consumed Canadian pulses and their contribution to antioxidant activity. **JFF**, v. 38, n. 1, p. 602-611, 2017.

PADHI, E. M.T.; RAMDATH, D. D. A review of the relationship between pulse consumption and reduction of cardiovascular disease risk factors. **JFF**, v. 38, n. 1, p. 635-643, 2017.

POLHILL, R. M.; VIDAL, J. E. Caesalpineae. In Polhill, R.M.; HAVEN, P.V.(Ed.). **Advances in Legume Systematic 10, higher level systematic**. London Royal botanic Gardens, Kewl, 1982. p. 81-95.

PRADEEP, S.R., GUHA, M. Effect of processing methods on the nutraceuticals and antioxidant properties of little millet (*Panicum sumatrense*) extracts. **Food Chem.**, v. 126, n. 4, p. 1643-1647, 2011.

PRIOR, R.; WU, X.; SCHAICH, K. Standardized Methods for the determination of Antioxidant Capacity and Phenolics in Food and Dietary Supplements. **J. Agric. Food Chem.**, v. 53, n. 1, p. 4290-4306, 2005.

RAHATE, K. A.; MADHUMITA, M.; PRABHAKAR, P. K. Nutritional composition, anti-nutritional factors, pretreatments-cum-processing impact and food formulation potential of faba bean (*Vicia faba* L.): a comprehensive review. **LWT**, v. 138, ID 110796, 2021. Disponível em: doi: 10.1016/j.lwt.2020.110796. Acesso em: 10 fev. 2023.

RAKIC, S.; PETROVIC, S.; KUKIC, J. *et al.* Influence of thermal treatment on phenolic compounds and antioxidant properties of oak acorns from Serbia. **Food Chem.**, v. 104, n. 1, p. 830-834, 2007.

RAMADAN, M. F.; MORSEL, J. T. Oxidative stability of black cumin (*Nigella sativa* L.), coriander (*Coriandrum sativum* L.) and niger (*Guizotia abyssinica* Cass.) crude seed oils upon stripping. **Euro. J. Lipid Sci. Technol.**, v. 106, n. 1, p. 35-43, 2004.

[RAMÍREZ-JIMÉNEZ, A. K.](#); [REYNOSO-CAMACHO, R.](#); [MENDOZA-DÍAZ, S.](#) *et al.* [Loarca-Piña G.](#) Functional and technological potential of dehydrated *Phaseolus vulgaris* L. flours. **Food Chem.**, v. 161, n. 1, p. 254-60, 2014.

[RANILLA, L. G.](#); [GENOVESE, M. I.](#); [LAJOLO, F. M.](#) Effect of different cooking conditions on phenolic compounds and antioxidant capacity of some selected Brazilian bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. **J Agric Food Chem.**, v. 57, n. 13, p. 5734-42, 2009.

RIBEIRO, S. R.; FORTES, C. C.; OLIVEIRA, S. C. C.; CASTRO, C. F. S. Avaliação da Atividade Antioxidante de *Solanum Paniculatum* (Solanaceae). **Arq. Ciênc. Saúde Unipar**, v. 11, n. 3, p. 179-183, 2007.

RIFNA, E. J.; RATISH RAMANAN, K.; MAHENDRAN, R. Emerging technology applications for improving seed germination. **Trends Food Sci. Technol.**, v. 86, n. 1, p. 95-108, 2019.

[ROS, E.](#); [HU, F. B.](#) Consumption of plant seeds and cardiovascular health: epidemiological and clinical trial evidence. **Circulation**, v. 128, n.5, p. 553–565, 2013.

RYAN, E.; GALVIN, K.; O’CONNOR, T. P. *et al.* Phytosterol, squalene, tocopherol content and fatty acid profile of selected seeds, grains, and legumes. **Plant Foods Hum Nutr.**, v. 62, n. 1, p. 85-91, 2007.

SAGET, S.; COSTA, M.; BARILLI, E. *et al.* Substituting wheat with chickpea flour in pasta production delivers more nutrition at a lower environmental cost. **Sustain. Product. Consumpt.**, v. 24, n. 1, p. 26-38, 2020.

SAHNI, C. K.; KHURDIYA, D. S.; DALAL, M. A. *et al.* Microwave processing of foods – potential and prospects. **Indian Food Packer**, v. 51, n. 5, p. 32-42, 1997.

[SCALBERT, A.](#); [MANACH, C.](#); [MORAND, C.](#) *et al.* Dietary polyphenols and the prevention of diseases. **Crit Rev Food Sci Nutr.**, v. 45, n. 4, p. 287-306, 2005.

SETIA, R.; DAI, Z.; NICKERSON, M. T. *et al.* Impacts of short-term germination on the chemical compositions, technological characteristics and nutritional quality of yellow pea and faba bean flours. **Food Res. Int.**, 122, 263–272, 2019.

SIAH, S. D.; KONCZAK, I.; AGBOOLA, S. *et al.* In vitro investigations of the potential health benefits of Australian-grown faba beans (*Vicia faba* L.): Chemopreventive capacity and inhibitory effects on the angiotensin-converting enzyme, α -glucosidase and lipase. **BJN**, v. 108, Suppl 1, p. S123-134, 2012.

SIDDHURAJU, P. The antioxidant activity and free radical-scavenging capacity of phenolics of raw and dry heated moth bean (*Vigna aconitifolia*) (Jacq.) Marechal seed extracts. **Food Chem.**, v. 99, n. 1, p. 149-157, 2006.

SILVA, M. O.; BRIGIDE, P.; TOLEDO, N. M. V. *et al.* Phenolic compounds and antioxidant activity of two bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.) submitted to cooking.

Braz. J. Food Technol., v. 21, e2016072, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjft/a/ZSWKBVWdqy458pHmQwK7Twr/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 10 fev. 2023.

SIMOPOULOS A.P. The importance of the omega-6/omega-3 Fatty Acid ratio in cardiovascular disease and other chronic diseases. **Exp. Biol. Med.**, v. 233, n. 1, p. 674–688, 2008.

[SIMOPOULOS](#), A. P. An Increase in the Omega-6/Omega-3 Fatty Acid Ratio Increases the Risk for Obesity. **Nutrients**, v. 8, n. 3, p. 128, 2016.

TETERYCZ, D.; SOBOTA, A.; ZARZYCKI, P. *et al.* Legume flour as a natural colouring component in pasta production. **J. Food Sci. Technol.**, v. 57, n. 1, p. 301-309, 2020.

TIRZITIS, G.; BARTOSZ, G. Determination of antiradical and antioxidant activity: basic principles and new insights. **Acta Biochim. Pol.**, v. 57, n. 1, p. 139-142, 2010.

U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE AND U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES. **Dietary Guidelines for Americans**. Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 2010.

VAZ PATTO, M. C.; AMAROWICZ, R.; ARYEE, A. N. A. *et al.* Achievements and challenges in improving the nutritional quality of food legumes. **Crit Rev Plant Sci.**, v. 34, n. 1, p. 105-143, 2015.

VOLPATO, G.; GODÍNEZ, D.; BEYRA, A. *et al.* Uses of medicinal plants by Haitian immigrants and their descendants in the Province of Camagüey, Cuba. **J. Ethnobiol.**, v.18, n. 1, p. 5-16, 2009.

WANG, S.; MECKLING, K.A.; MARCONE, M. F. *et al.* Synergistic, additive, and antagonistic effects of food mixtures on total antioxidant capacities. **J Agric Food Chem.**, 2011; v. 59, n. 3, p. 960-8, 2011.

WYATT, C. J.; CARBALLIDO, S.P.; MÉNDEZ, R.O. α - and γ -Tocopherol content of selected foods in the Mexican diet: Effect of cooking losses. **J Agric Food Chem.**, v. 46, n. 1, p. 4657-4661, 1998.

XU, B. J.; CHANG, S. K. C. Total phenolic content and antioxidant properties of eclipse black beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as affected by processing methods. **J. Food Sci.**, v. 73, n. 2, p. 19-27, 2008.

XU, M.; JIN, Z.; SIMSEK, S. *et al.* Effect of germination on the chemical composition, thermal, pasting, and moisture sorption properties of flours from chickpea, lentil, and yellow pea. **Food Chem.**, v. 295, n. 1, p. 579-587, 2019.

XU, M.; RAO, J.; CHEN, B. Phenolic compounds in germinated cereal and pulse seeds: classification, transformation, and metabolic process. **Crit. Rev. Food Sci. Nutr.**, v. 60, n. 1, p. 740-759, 2020.

YOSHIDA, H.; TOMIYAMA, Y.; MIZUSHINA, Y. Tocopherol Distributions and Triacylglycerol Molecular Species in Broad Beans (*Vicia faba*). **Food Sci. Technol. Res.**, v. 16, n. 5, p. 409-416, 2010.

YOSHIDA, H.; YOSHIDA, N.; TOMIYAMA, Y. *et al.* Distribution profiles of tocopherols and fatty acids of phospholipids in adzuki beans (*Vigna angularis*). **J. Food Lipids**, v. 15, n. 1, p. 209-221, 2008.

YOSHIDA, H.; TOMIYAMA, Y.; TANAKA, M. *et al.* Distribution of fatty acids in triacylglycerols and phospholipids from peas (*Pisum sativum*L.) **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 87, n.1, p. 2709-2714, 2007.

YU-WEI, L.; WANG, Q. Effect of Processing on Phenolic Content and Antioxidant Activity of Four Commonly Consumed Pulses in China. **J Horticulture**, v. 2, n. 1, p. 2, 2015.