

Produção e efeito da germinação em sementes de jaca: caracterização química, física e físico-química

Production and effect of germination on jackfruit seeds: chemical, physical and physical-chemical characterization

Luís P. F. R. da Silva^{1,*}, Alexandre J. M. Queiroz¹, Rossana M. F. Figueirêdo¹, Ana Regina N. Campos¹, Joana D. P. de Matos², Maria Suiane de Moraes¹, Semirames do N. Silva¹, Mailson G. Gregório¹, Nágela M. H. Mascarenhas¹, Moises S. de Medeiros Neto¹, Larissa M. S. Rodrigues¹, Agdylannah F. Vieira¹, Zanelli R. T. Costa³ e Rodrigo L. Moura⁴

¹ Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Departamento de Engenharia Agrícola, Campina Grande-PB, Brasil

² Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Escola Agrícola Jundiaí, Macaíba-RN, Brasil

³ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, Afogados da Ingazeiras- PE, Brasil

⁴ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas, Piranhas-AL, Brasil

(*E-mail: luispfrs@hotmail.com)

<https://doi.org/10.19084/rca.25988>

Recebido/received: 2021.12.07

Aceite/accepted: 2021.12.22

RESUMO

A jaca é um fruto exótico presente na região Nordeste do Brasil, apresentando um grande potencial econômico para região em face da comercialização interna e externa do seu fruto. Sua semente é rica em carboidratos, proteína, minerais e vitaminas, constituindo fonte alternativa de amido para alimentação. A germinação é uma tecnologia barata de fácil acesso para produção de brotos, melhorando a biodisponibilidade de nutrientes na semente para o consumo, a exemplo das proteínas e compostos bioativos. O objetivo do trabalho foi avaliar os parâmetros químicos, físicos e físico-químicos das sementes de jaca *in natura* e germinadas. A germinação das sementes de jaca proporcionou o aumento nos teores de água, proteínas, ácido ascórbico, compostos fenólicos e açúcares totais, além de reduzir os conteúdo de amido, lipídios, taninos e os parâmetros de cor, a luminosidade, intensidade de vermelho (+a*) e de amarelo (+b*). Em relação às propriedades físicas da semente, ocorreu acréscimo na massa específica real e na massa unitária. Para massa específica aparente houve redução. A germinação das sementes proporcionou aumento nos teores de magnésio, ferro e sódio, consequentemente ocorrendo redução de potássio, fósforo, cálcio, zinco, cobre e manganês.

Palavras-chave: Germinação; *Artocarpus heterophyllus* Lam.; Aproveitamento de resíduo; Bioativos.

ABSTRACT

Jackfruit is an exotic fruit present in the Northeast region of Brazil, presenting a great economic potential for the region because of the internal and external commercialization of its fruit. Its seed is rich in carbohydrates, protein, minerals and vitamins, and is an alternative source of starch and for food. Germination is an easily accessible, inexpensive technology for the production of sprouts, improving the bioavailability of nutrients in the seed for consumption, such as proteins and bioactive compounds. The objective of this work was to evaluate the chemical, physical and physico-chemical parameters of fresh and germinated jackfruit seeds. The germination of jackfruit seeds increased the contents of water, proteins, ascorbic acid, phenolic compounds and total sugars, in addition to reducing the content of starch, lipids, tannins and the parameters of color, luminosity, red (+ a*) and yellow (+b*) intensities. In relation to the physical properties of the seed, there was an increase in the real specific mass and in the unit mass. For apparent specific mass there was a reduction. Seed germination provided an increase in the levels of magnesium, iron and sodium, consequently reducing potassium, phosphorus, calcium, zinc, copper and manganese.

Keywords: Germination, *Artocarpus heterophyllus* Lam., waste utilization, Bioactives.

INTRODUÇÃO

A região Nordeste do Brasil, com sua imensa expansão territorial apresenta uma gama diversidades de fruteiras nativas e exóticas adaptadas às condições edafoclimáticas, apresentando um grande potencial econômico para região, aproveitando a comercialização interna e externa no consumo *in natura* ou industrializado. Neste quesito, destaca-se a jaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.), cujos gomos da fruta madura são ricos em carboidratos (18,9%), minerais (0,8%) e vitaminas (30 IU), e sua polpa consumida *in natura* pelas diversas camadas da população (Oliveira *et al.*, 2011).

As sementes da jaca são classificadas como subproduto industrial, além de apresentarem um alto teor de carboidratos (77% em peso) e representarem 18-25% (peso seco) do fruto (Mahanta e Kalita, 2015). São nutritivas, bastante saborosas e muito usadas na alimentação humana, ricas em minerais, vitaminas e carboidratos (amido). Outro componente bastante importante é o teor de proteínas, mas o interesse maior pelas amêndoas de jaca é como fonte alternativa de amido, tornando uma sugestão alternativa para usos nos produtos alimentícios, agregando valor nutricional e sensorial (Landim, 2012).

A germinação é uma tecnologia de processamento natural, econômica e eficaz para melhorar a capacidade antioxidante e o valor nutricional das sementes e leguminosas, para o desenvolvimento do processo com maior eficiência (Lazo-Vélez *et al.*, 2018). Antes do início de processos como germinação, cozimento, conservas e fermentação, os grãos são hidratados ao nível até atingirem o peso máximo devido à absorção de água (Sibian *et al.*, 2016).

A produção de sementes germinadas no Brasil tende a crescer com aumento da demanda por produtos com maior biodisponibilidade de nutrientes. Para o estabelecimento de um mercado consumidor, são necessárias tecnologias que garantam a produção, técnicas de processamento para a segurança alimentar, assim, viabilizando a sua comercialização e tornando-o rentável e atrativo. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os parâmetros químicos, físicos e físico-químicos das sementes de jaca *in natura* e germinadas.

MATERIAL E MÉTODOS

Material

Os frutos da jaqueira (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) foram adquiridos na Empresa Paraibana de Abastecimento e Serviços (Empasa), na cidade de Campina Grande – Paraíba, Brasil. O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, durante o período compreendido entre janeiro de 2018 a janeiro de 2019.

Processamento da matéria prima e germinação das sementes

As jacas foram acondicionadas em caixas plásticas e transportadas até o laboratório, realizando a recepção dos frutos, onde foram selecionadas quanto ao estágio de maturação, sanitizados, realização do corte, separação das sementes da polpa, sanitização das sementes e evaporação da água de lavagem em temperatura ambiente ($\pm 28^\circ\text{C}$).

A matéria-prima foi recepcionada no laboratório, onde foi selecionada manualmente quanto ao estágio de maturação, tendo como objetivo a retirada das sementes. Após seleção das frutas, as mesmas foram sanitizadas lavando-se em água corrente para remoção de sujidades e impurezas e em seguida foram imersas em solução de hipoclorito de sódio (100 ppm) por 10 minutos e por fim enxaguadas em água corrente para retirar o excesso de cloro.

O corte foi realizado com auxílio de faca inoxidável; o despulpamento foi feito manualmente, retirando-se a polpa que envolve a semente. Após o despulpamento, as sementes foram lavadas em solução de hipoclorito de sódio (100 ppm) por 10 minutos e por fim enxaguadas com água deionizada para retirar o excesso de cloro. Após a lavagem, as sementes ficaram expostas em bandejas para evaporação da água em temperatura ambiente ($28 \pm 2^\circ\text{C}$).



Figura 1 - A) Jacas; B) Sementes de jaca sanitizada.

Germinação das sementes de jaca

Para a germinação, sementes de jaca foram colocadas em bandejas contendo o substrato vermiculita (350 g), expostas as condições ambientais do laboratório de temperatura e umidade relativas, e irrigadas com água destilada de 2 em 2 dias (utilizando-se 500 mL de água para cada bandeja). As sementes ficaram nestas condições até se obter radículas com 2,0 cm (Silva *et al.*, 2007), que ocorreu após 12 dias.

Análise das sementes in natura e germinadas

Acidez total titulável

A acidez titulável foi realizada pelo método acidimétrico, no qual a amostra é titulada com solução padronizada de NaOH 0,1 M. Os resultados foram expressos em g de ácido/100 g.

Amido

O teor de amido foi realizada pelo método Lane-Eynon. Pesou-se 2g da amostra, adicionou-se cerca de 90 mL de água deionizada e 10 mL de HCl, procedendo-se ao aquecimento até fervura por uma hora e meia a aproximadamente 100 °C, com refluxo. Em seguida foi feita a neutralização com NaOH, a transferência para um balão de 250 mL, a clarificação com acetato de zinco 1M e ferrocianeto de potássio 0,25 M. Completou-se o volume com água deionizada e realizou-se a filtração. Os resultados foram expressos em g/100 g.

Cinzas

O resíduo mineral (cinzas) foi obtido pela carbonização seguida de calcinação da amostra em mufla a 525 °C, até obtenção de cinzas claras (AOAC, 2005). O resultado foi dado em g/100 g.

pH

A concentração de íons H⁺ foi determinada através de leitura direta utilizando-se medidor de pH (Tecnal, modelo TEC-2, Piracicaba, SP, Brasil), previamente calibrado com soluções tampões de pH 4,0 e 7,0.

Proteína

O valor de proteína bruta foi obtido pelo método de micro "Kjeldahl" através da determinação do nitrogênio em alimento (AOAC, 2005). O teor de proteínas foi calculado pela quantidade de nitrogênio total (g) do produto multiplicado pelo fator de conversão em proteína de 6,25 e expresso em g/100 g.

Teor de água

O teor de água das sementes foram determinados por meio de secagem em estufa a 105 °C (QUIMIS, Q319V, Diadema, SP, Brasil) até massa constante, segundo a Association of Official Agricultural Chemists (AOAC, 2005). Os resultados foram expressos em g/100 g.

Atividade de água

A medida da atividade de água (aw), a 25 °C foi realizada por meio da leitura direta no equipamento Aqualab modelo 3TE (Decagon Devices, Inc.).

Ácido ascórbico

A determinação de ácido ascórbico (AA) foi de acordo com o protocolo de Benassi e Antunes (1988). Para tal, foi pesado 0,5 g de amostra homogeneizada em 50 mL de ácido oxálico a 1% (refrigerado). O material resultante foi usado para titular uma solução composta de indicador 2,6-diclorofenolindofenol sódio (DCFI), até a coloração rósea, preservando-se por 15 segundos para a confirmação do ponto de viragem. A solução titulada (água + DCFI) foi padronizada com solução de 10 mg/100 mL de ácido ascórbico. O cálculo da quantidade de AA seguiu equação e os resultados foram expressos em mg/100 g.

$$AA = \frac{vxFx100}{m}$$

Onde:

AA - ácido ascórbico (mg/100 g);

F - fator de correção de DCFI;

m - massa da amostra (g);

v - volume gasto na titulação da amostra (mL).

Açúcares totais

A determinação de açúcares solúveis totais adotou o procedimento descrito por Yemm e Willis (1954). As amostras passaram pela etapa de extração, pesando-se 0,5 g do conteúdo, homogeneizada com água destilada até aferição de 50 mL e filtrada em papel de filtro (80 g/m²). Após, foi adicionado em tubo de ensaio uma alíquota do extrato com água destilada (totalizando 1000 µL) e 2000 µL de antrona agitado em misturador vórtex (60 Hz, Wincom, XH-C, Xangai, China) por 10 segundos e colocado em banho-maria a 100 °C por 3 minutos. As leituras de absorvância foram obtidas a 620 nm em espectrofotômetro (Coleman, 35 D, Santo André, SP, Brasil). A curva padrão foi preparada utilizando-se glicose na concentração de 100 µg/mL. Os resultados foram expressos em g/100g.

Açúcares redutores

Os açúcares redutores foram quantificados segundo Miller (1959). Prepararam-se os extratos das amostras, pesando-se 1,0 g do material e homogeneizou-se com água destilada até completar 25 mL, seguida de filtração em papel de filtro (80 g/m²). Depois, foi adicionada em tubo de ensaio uma alíquota do extrato juntamente com água destilada (totalizando 1500 µL) e 1000 µL de DNS (ácido 3,5-dinitrosalicílico), homogeneizado em misturador vórtex (60 Hz, Wincom, XH-C, Xangai, China) por 10 segundos e posto em banho-maria a 100 °C por 5 minutos. As leituras de absorvância foram realizadas a 540 nm em espectrofotômetro (Coleman, 35 D, Santo André, SP, Brasil). A curva padrão foi preparada utilizando-se glicose na concentração de 2,5 µM/mL. Os resultados foram expressos em g/100g.

Compostos fenólicos

Os teores dos compostos fenólicos totais (CFT) foram estimados pelo método Folin Ciocalteu descrito por Waterhouse (2006). Os extratos para análises foram compostos por 1,0 g da amostra, dissolvido em 50 mL de água destilada, deixando em repouso por 1 minuto, seguido de filtração em papel de filtro (80 g/m²). Posteriormente, foi adicionada em tubo de ensaio uma alíquota do extrato com água destilada (totalizando 2125 µL) e 125 µL de FolinCiocalteu, homogeneizado em vórtex (60 Hz, Wincom, XH-C, Xangai, China) por 10 segundos e repouso por 5 minutos. Foram acrescentados 250 µL de solução de carbonato de sódio (20%), seguido de agitação em vórtex (60 Hz, Wincom, XH-C, Xangai, China) por 10 segundos e aquecimento em banho-maria a 40 °C por 30 minutos. Os extratos não foram expostos à luz durante análise. As leituras de absorvância foram obtidas a 765 nm em espectrofotômetro (Coleman, 35 D, Santo André, SP, Brasil). A curva padrão foi preparada utilizando-se ácido gálico como padrão, na concentração de 100 µg/mL e os resultados expressos em mg EAG (equivalente de ácido gálico)/100g.

Cor

Os parâmetros de cor das sementes de jaca foram determinados utilizando-se o espectrofotômetro MiniScan HunterLab XE Plus, no sistema de cor

CieLab (L*, a* e b*). Em que L* é a luminosidade, a* é a transição da cor verde (-a*) para a cor vermelha (+a*) e b* a transição da cor azul (-b*) para a cor amarela (+b*).

Lipídios

A quantificação de lipídios seguiu metodologia descrita por Bligh e Dyer (1957). O método baseia-se na mistura de três solventes: clorofórmio, metanol e água, na proporção de 1:2:0,8 (v/v). Os resultados foram calculados através da equação.

$$LT = \frac{PL \times 4 \times 100}{P}$$

Em que:

LT – lipídeos totais (g/100g)

PL - peso da cápsula após a estufa (g) - peso da cápsula vazia (g);

P - massa da amostra (g)

Perfil de Minerais

O perfil de minerais das sementes *in natura* e germinada de jaca foi realizado em espectrômetro de fluorescência de raios-X por energia dispersiva da marca Shimadzu, modelo EDX-7000. As amostras foram calcinadas em mufla pelo período de 24hs a 520 °C, os resíduos minerais das amostras foram coletados, posteriormente, sendo realizada a análise.

Taninos

Os taninos foram quantificados pelo método de Goldstein e Swain (1963), utilizando-se Folin-Denis como reagente. Para tal, foi preparado um extrato com 0,5 g da amostra e diluído em 25 mL de água destilada, deixando em repouso por 1 minuto, seguida de filtração em papel de filtro (80 g/m²). A reação deu-se pela mistura de uma alíquota do extrato com água destilada totalizando 2125 µL (água + extrato) e 125 µL de Folin-Denis, seguido de agitação em em vórtex (60 Hz, Wincom, XH-C, Xangai, China) por 10 segundos e repouso por 5 minutos. Após o tempo de reação acrescentou-se

250 µL de solução de carbonato de sódio (20%), seguido de nova agitação e colocado em banho-maria a 40 °C, por 30 minutos. Decorrido o tempo foi realizada as leituras em espectrofotômetro (Coleman, 35 D, Santo André, SP, Brasil) a 765 nm. A curva padrão foi construída com uma solução padrão de ácido tânico a 0,1 mg/mL. Os resultados expressos em mg EAT (equivalente de ácido tânico)/100g.

Propriedades físicas das sementes de jaca in natura e germinadas

Massa específica real, massa unitária e massa específica aparente

A massa específica real (g/cm³) foi determinada pela imersão da semente em um béquer contendo água destilada, colocado sobre o prato de uma balança analítica, fixando-se a semente em alfinete entomológico preso a um suporte móvel, com altura suficiente para a imersão completa da semente, estando o mais próximo possível da superfície. Com isso determinou-se o volume unitário correspondente à massa da água deslocada. Em seguida calculou-se a massa específica real pela relação entre a massa da semente e o seu volume unitário.

A massa unitária de cada semente, expressa em g, foi obtida através da pesagem individual das sementes de jaca.

A massa específica aparente expressa em g/cm³, foi determinada utilizando-se um béquer de 150 mL, que foi preenchido com as sementes (até a marca do volume do béquer), sendo pesado imediatamente e calculada a relação entre a massa e o volume.

Análise estatística

Na análise estatística usou-se o programa Assis-tat, versão 7.7 beta (Silva e Azevedo, 2016). Para os dados da caracterização química, física e físico-química das sementes *in natura* e germinadas foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado sendo comparadas as médias, com quatro repetições, utilizando o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização química, física e físico-química das sementes de jaca *in natura* e germinadas

A caracterização das sementes de jaca *in natura* e germinadas encontra-se no Quadro 1, com seus respectivos valores.

Quadro 1 - Caracterização química, física e físico-química das sementes de jaca *in natura* e germinadas

Parâmetros	Sementes de jaca	
	<i>In natura</i>	Germinada
Atividade de água (a_w) a 25 °C	0,992 ± 0,000 a	0,995 ± 0,000 a
Teor de água (%)	70,78 ± 0,06 b	78,50 ± 0,08 a
Acidez total titulável (% bs)	14,39 ± 0,19 a	14,24 ± 0,98 a
Ácido ascórbico (mg 100 ⁻¹ g ⁻¹ bs)	3,50 ± 0,01 b	5,03 ± 0,05 a
Açúcares redutores (g 100 ⁻¹ g ⁻¹ bs)	0,05 ± 0,00 a	0,04 ± 0,00 b
Açúcares totais (g 100 ⁻¹ g ⁻¹ bs)	14,95 ± 0,09 b	18,41 ± 0,06 a
Amido (% bs)	60,16 ± 0,00 a	35,50 ± 0,00 b
Cinzas (% bs)	3,47 ± 0,18 a	3,63 ± 0,07 a
Compostos fenólicos (mg 100 ⁻¹ g ⁻¹ bs)	894,64 ± 3,73 b	1.203,21 ± 2,13 a
Intensidade de vermelho (+a*)	4,78 ± 0,13 b	6,14 ± 0,02 a
Intensidade de amarelo (+b*)	17,75 ± 0,43 b	19,93 ± 0,19 a
Lipídios (% bs)	7,78 ± 0,05 a	6,32 ± 0,52 b
Luminosidade (L*)	62,09 ± 0,32 a	57,74 ± 0,06 b
pH	5,80 ± 0,01	5,78 ± 0,01
Proteínas (% bs)	13,84 ± 0,3 b	18,39 ± 0,28 a
Taninos (g 100 ⁻¹ g ⁻¹ bs)	431,13 ± 0,53 a	369,09 ± 0,71 b

Médias seguidas da mesma letra nas linhas, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

A atividade de água mostrou um pequeno aumento após o processo de germinação, o que pode ter ocorrido devido à irrigação das sementes que é necessária para o processo germinativo, promovendo as reações bioquímicas para produção de energia para o crescimento do embrião. Leite (2017) relatou aumento na atividade de água de 0,983 para 0,989 durante a germinação das sementes de jaca.

Verifica-se que o teor de água na semente de jaca de 70,78% na semente *in natura* aumentou para 78,50% na semente germinada. Isto se deve à rega das sementes durante o processo germinativo. De acordo com Li *et al.* (2010), a atividade germinativa ocorrida nos embriões promove o aumento da atividade metabólica e o fornecimento de energia para o crescimento da radícula. Em estudo

realizado por Kupkanchanakul *et al.* (2018) relatou-se o mesmo comportamento durante a germinação de três tipos de arroz, ocorrendo um aumento gradativo do teor de água durante o processo de hidratação da semente, atingindo teores de água entre 33,2 a 36%, corroborando dessa forma com este estudo com a semente de jaca.

Observa-se que não houve alteração significativa da acidez com o processo de germinação da semente de jaca quando se compara com a semente *in natura*. Diferente dos resultados encontrado por Leite *et al.* (2016) ao estudarem a germinação da semente de sorgo observaram que com o processo de germinação a acidez titulável passou de 1,08 para 1,99 g de ácido equivalente/100g, havendo aumento na quantidade de ácidos orgânicos. Loures *et al.* (2009) analisaram físico-quimicamente as sementes de lentilha germinadas e encontram acidez de 2,64% após a germinação.

O teor de ácido ascórbico aumentou nas sementes de jaca após a germinação. Resultados semelhantes foram encontrados por Maneemegalei e Nandakumar (2011) que reportaram aumento nos teores de ácido ascórbico em sementes de *Vigna radiata* (feijão mungu), *Vigna mungo* (feijão-preto) e *Pennisetum typhoides* (milheto) germinadas durante 72 horas, atingindo valores em torno de 20,60, 21,00 e 14,70 mg/100g, respectivamente. O aumento do ácido ascórbico está relacionado com uma reativação da biossíntese do ácido ascórbico ocorrida nas sementes durante a germinação (Xu *et al.*, 2018). Huang *et al.* (2014) em seu estudo, observaram durante a germinação de soja e feijão-mungo a ocorrência de aumento significativo do ácido ascórbico até o terceiro dia de germinação, e a partir do quarto dia, iniciou o declínio na quantificação desse micronutriente.

Para os açúcares redutores, a quantidade foi reduzida após a germinação das sementes, o que pode estar relacionado com o tempo escolhido para a interrupção do processo (Wang *et al.*, 2018). O processo de germinação também foi utilizado no estudo de Shakuntala *et al.* (2011), onde avaliaram as características químicas e físico-químicas das sementes germinadas de feno-grego (*Trigonella foenum-graecum* L.) e as partes fracionadas da semente (broto, endosperma), e observaram que o teor de açúcares redutores no endosperma após a

germinação aumentou 3,1% e no broto teve uma diminuição de 46,87%. O aumento foi atribuído à hidrólise de polissacarídeos durante o processo de germinação e a redução em estágios mais avançados do desenvolvimento do broto podem ter sido pela recombinação dos açúcares simples em estruturas celulósicas.

Após o processo de germinação, o teor de açúcares totais, os quais são produzidos pela hidrólise do amido, aumentou de 14,95 para 18,41g/100g (base seca). Entretanto, Sun *et al.* (2019) estudaram a germinação das sementes de *Zanthoxylum* em água e giberelina exógena (GA) e verificaram que durante o processo ocorreu um aumento significativo nos níveis de açúcares solúveis com tratamento a base de giberelina, enquanto no tratamento com água observaram reduções nos níveis de açúcares solúveis; o aumento dos açúcares solúveis com giberelina foi promovido pela hidrólise do amido em açúcares solúveis através da α -amilase.

Para o teor de amido observou-se diferença estatística para as amostras analisadas. Após a germinação o conteúdo de amido diminuiu de 60,16% (base seca) para 35,50% (base seca). De La Rosa-Millán *et al.* (2019) realizaram estudos com germinação e verificaram diminuição do teor de amido após a germinação das sementes de feijão preto, obtendo valores de 35,1% nas sementes *in natura* e de 27,2% nas sementes germinadas. Essa redução se relaciona à hidrólise enzimática desse polímero por amilases intrínsecas das sementes, sintetizadas durante a germinação, produzindo energia para o crescimento do embrião na semente (Yin *et al.*, 2014).

O teor de cinzas nas sementes *in natura* e germinadas revelou uma estabilidade após a germinação. Contrariamente, Masood *et al.* (2014) verificaram um aumento no teor de cinzas no quinto dia de germinação de feijão mungo e no grão de bico de 3,67% (*in natura*) para 3,82% (germinada), e de 1,83% (*in natura*) para 3,52% (germinada), respectivamente. Chandrasiri *et al.* (2016) constataram teor de cinzas superiores em sementes de feijão mungo cru, cozido e germinado de 4,55, 4,26 e 4,71%, respectivamente. Para essa variação nos teores de cinzas ter ocorrido, Bewley *et al.* (2013) sugerem que a perda de conteúdo mineral pode ser devida à lixiviação na água durante a imersão e à utilização

de minerais como coenzimas na catálise de carboidratos e proteínas durante a germinação, levando à sua realocação para as radículas.

Nos compostos fenólicos, verifica-se aumento em seu conteúdo após germinação de 894,64 para 1.203,21 mg/100g (base seca), o que pode ser considerado como efeito desejável o aumento da biodisponibilidade dos nutrientes. O aumento do teor de compostos fenólicos também pode ser explicado pela polimerização e oxidação de fenólicos e por mudanças na síntese enzimática (Guzmán-Ortiz *et al.*, 2017). Resultados semelhantes foram observados por Huang *et al.* (2014) que verificaram aumento de 103,7% no teor de compostos fenólicos entre o primeiro e o segundo dia de germinação do feijão-mungo, enquanto para grãos de soja os autores relataram aumento de 330% a partir do quarto dia de germinação; e por Lin e Lai (2006) que relataram aumentos nos conteúdos de fenólicos de soja e de feijão com o resultado da germinação, sendo o maior teor detectado no quarto dia. Sharma *et al.* (2018) analisaram as propriedades bioquímicas de grãos de milho germinado e não germinado, que mostraram aumentos após a germinação de 77,42% de compostos fenólicos totais (de 1,55 para 2,75 mg GAE/g). Resultados divergentes foi relatado por Xu *et al.* (2018) para sementes de lentilha germinada onde houve a diminuição dos fenólicos totais de 8,43 para 3,07 mg/100g.

A germinação alterou todos os parâmetros de cor acarretando diminuição da luminosidade (L^*) e aumentos nas intensidades de vermelho ($+a^*$) e de amarelo ($+b^*$). Santos (2011) afirmou que a cor está diretamente relacionada com a quantidade de taninos presente, ou seja, com a redução dos taninos durante a germinação das sementes de jaca, ocorrendo às variações da luminosidade, intensidade de vermelho e de amarelo comparando com as sementes *in natura* de jaca.

Os valores obtidos para o teor de lipídios mostraram diferença estatística entre as amostras analisadas, verificando-se que após a germinação, o conteúdo lipídico diminuiu de 7,78% para 6,32% (base seca). Este comportamento já era previsto, tendo em vista as mudanças bioquímicas e fisiológicas provocadas pela germinação reportadas por outros autores: Masood *et al.* (2014) por sua vez, observaram o declínio do teor de lipídios em

sementes de feijão mungo, passando de 1,79% (*in natura*) para 1,32% (germinada), e em grãos de bico, reduzindo de 5,80% (*in natura*) para 4,62% (germinada) após 120 h de germinação; Kupkanchanakul *et al.* (2018) também observaram a diminuição do teor lipídico após a germinação em arroz marrom das variedades Pathum-Thani (baixa amilose: 15,10% amilose) e Phitsanulok (alta amilose, 26,78% amilose). Durante a germinação, pode ocorrer a degradação dos carboidratos e lipídios em razão do fornecimento de energia no desenvolvimento da planta (Zhang *et al.*, 2015).

Os valores encontrados para o pH foram de 5,80 e 5,78 para as sementes *in natura* e germinadas, respectivamente, indicando que não houve alteração do pH durante a germinação. Marquezi *et al.* (2016) observaram aumento do pH das sementes de feijão das variedades Chapecó e Guatambu após a germinação com valores passando de 6,56 para 6,87 e de 6,54 para 6,78, respectivamente.

Observou-se aumento significativo no teor de proteínas nas sementes de jaca germinadas em relação às sementes *in natura*. De acordo com Zhang *et al.* (2015), durante a germinação muitas enzimas são ativadas e outras são sintetizadas através de uma série de reações bioquímicas, enquanto isso, algumas proteínas podem ser hidrolisadas por proteases. O conteúdo de proteína depende da proteólise e da síntese proteica. Portanto, as alterações do conteúdo proteico durante a germinação devem ser um processo de regulação dinâmica. Zhang *et al.* (2015) observaram aumento no teor de proteínas em sementes de trigo sarraceno com a germinação, com valor na semente *in natura* de 144,68 (mg g⁻¹), e depois de 72 horas de germinação obtiveram o valor de 155,16 (mg g⁻¹), corroborando com este estudo. Megat *et al.* (2011) relataram que o conteúdo de proteínas em algumas leguminosas germinadas (feijão vermelho, feijão mungo, soja e amendoim) e variedades de arroz (vermelho, preto, Barrio, marrom e moído) diminuíram significativamente. Esses valores encontrados podem estar relacionados aos tipos de cereais e as condições de germinação utilizada no estudo.

Observou-se redução significativa do teor de taninos nas sementes de jaca após 12 dias de germinação. Esta diminuição pode estar relacionada à quebra de compostos de taninos na água durante

a imersão e a germinação, conduzindo a oxidação dos polifenóis (Sharma *et al.*, 2015). Sharma *et al.* (2018) também verificaram a redução no conteúdo de taninos em grãos de milho de 3,04 para 1,67 mg/100g, representando 45,07% de redução. Para Sharma *et al.* (2017) a diminuição nos teores de taninos nas sementes de milho germinada (*in natura* - 1,603 mg/100g - germinada - 0,234 mg/100g) se deve ao aumento da atividade hidrolítica da enzima fitase como resultado da germinação, também pode ser devido à lixiviação de taninos pela água e à ligação de polifenóis com outras substâncias orgânicas, como carboidratos ou proteínas.

Perfil de minerais

Para os macros e microminerais presentes nas sementes *in natura* e germinadas de jaca, foram obtidos os valores expostos no Quadro 2.

Quadro 2 - Perfil de minerais das sementes de jaca *in natura* e germinadas

Minerais (mg 100 g ⁻¹)	<i>In natura</i>	Germinada
Potássio (K)	596,46	426,27
Fósforo (P)	161,23	92,52
Magnésio (Mg)	160,94	161,54
Sódio (Na)	48,25	59,1
Cálcio (Ca)	51,69	39,27
Zinco (Zn)	0,41	0,32
Ferro (Fe)	0,5	0,69
Cobre (Cu)	0,21	0,12
Manganês (Mn)	0,31	0,19

Observa-se que houve redução nos teores de potássio, fósforo, cálcio, zinco, cobre e manganês após a germinação, enquanto magnésio, sódio e ferro tiveram seus teores aumentados. A diminuição dos minerais nas sementes de jaca germinadas comparada com a *in natura* pode ser atribuída à lixiviação durante a rega para a germinação das sementes, enquanto que os aumentos podem vir da absorção de minerais presentes na água.

Em seu estudo, Pajak *et al.* (2018) verificaram que o teor de potássio da chia diminuiu com o tempo de germinação, de 871 mg/100g para 720 mg/100g massa seca. O teor de fósforo foi inferior ao quantificado por Leite (2017) que também relatou

redução de fósforo com o processo de germinação em sementes de jaca. Sharma *et al.* (2015) verificaram aumento no teor de magnésio após 46,5 horas de germinação do grão de milho; e Zielinski *et al.* (2006) verificaram o aumento no conteúdo de magnésio após 07 dias de germinação em semente de colza.

Hooda e Jood (2003) avaliaram o teor de cálcio em grão de feno-grego germinado, observando uma redução de 72,5 para 71,22 mg/100g de massa seca. Zielinski *et al.* (2006), relataram, após 9 dias de germinação de sementes de colza, aumento no teor de ferro de 79,1 para 93,4 µg/g massa seca. Pajak *et al.* (2018) verificaram redução do teor de ferro em sementes de primula (*Oenothera biennis* L.) com o processo germinativo, tendo inicialmente teor de 10,78 µg/g massa seca (tempo zero de germinação) e o final da germinação o teor de 4,46 µg/g massa seca. Os mesmos autores observaram que com a germinação da chia (*Salvia hispanica* L.), linho dourado (*Linum flavum* L.) e fenacho (*Trigonella foenum-graecum* L.) ocorreram diminuição no conteúdo de manganês, com teores nas sementes germinadas de 3,39; 2,41 e 1,11 mg/100g massa seca, respectivamente. Jan *et al.* (2018) estudando chenopodium (*Chenopodium album*) verificaram após o período de 48 horas de germinação que os valores de cobre e zinco aumentaram de 5,90 (cobre) e 24,20 mg/100g (zinco) para 7,22 e 24,40 mg/100g, respectivamente.

Propriedades físicas das sementes

Os resultados para as propriedades físicas das sementes *in natura* e germinada de jaca estão expostos no Quadro 3.

O valor encontrado para a massa específica real foi maior nas sementes germinadas. Esse aumento é justificado de acordo com o tempo da germinação com a adição de água durante a etapa da irrigação. A massa específica aparente verificou seu maior valor nas sementes *in natura*. Foram verificadas semelhanças no estudo de Jesus *et al.* (2012) analisando as propriedades físicas em sementes de feijão, relatando o aumento da massa específica real e

Quadro 3 - Caracterização física das sementes de jaca *in natura* e germinadas

Parâmetro	Semente de jaca	
	<i>In natura</i>	Germinada
Massa específica real (g cm ⁻³)	1,0058 ± 0,1840 b	1,0566 ± 0,1963 a
Massa específica aparente (g cm ⁻³)	0,7157 ± 0,016 a	0,5859 ± 0,006 b
Massa unitária (g)	4,3248 ± 1,106 b	5,0827 ± 1,253 a
Volume (cm ³)	4,1417 ± 1,076 b	4,4602 ± 0,3997 a

aparente nas sementes com teor de água em torno de 18% e menor valor nas sementes com umidade de 14% e para massa específica aparente foi maior para o teor de umidade com 10% e menor para o feijão com umidade de 18%.

A massa unitária aumentou mais de 17% com a absorção de água ocorrida na germinação. Resende *et al.* (2008) avaliaram as propriedades físicas de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) encontrando valor de massa unitária de 1,468 a 1,361g para uma faixa de teor de água entre 0,42 a 0,11% (base seca).

CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos através das análises das sementes de jaca *in natura* e germinadas, conclui-se que a germinação das sementes provocou o aumento no teor de umidade, proteínas, ácido ascórbico, açúcares totais, compostos fenólicos, e redução dos lipídios, amido, taninos, luminosidade, intensidade de vermelho e de amarelo, na caracterização químicas e físico-químicas;

Os teores de potássio, fósforo, cálcio, zinco, cobre e manganês foram reduzidos com a germinação; os teores de magnésio, ferro e sódio aumentaram com o processo;

Para as propriedades físicas das sementes de jaca, a massa específica real, massa unitária e volume das sementes aumentaram durante a germinação, e reduzindo a massa aparente das sementes germinadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC (2005) - *Official methods of analysis of AOAC international*. 19 ed. Washington: Association of Official Analytical Chemists.
- Benassi, M.T. & Antunes, A.J.A. (1988) - Comparison of metaphosphoric and oxalic acids as extractant solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. *Arquivos de Biologia e Tecnologia*, vol. 31, n. 4, p. 507-513.
- Bewley, D.J.; Bradford, K.J.; Hilhorst, H.W.M. & Nonogaki, H. (2013) - *Seeds: Physiology of Deveopment, Germination and Dormancy*. 3 ed. Londres: Springer. p. 392. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4693-4>
- Bligh, E.G. & Dyer, W.J. (1959) - A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, vol. 37, n. 8, p. 911-917. <https://doi.org/10.1139/o59-099>
- Chandrasiri, S.D.; Liyanage, R.; Vidanarachchi, J.K.; Weththasinghe, P. & Jayawardana, B.C. (2016) - Does processing have a considerable effect on the nutritional and functional properties of mung bean (*Vigna radiata*). *Procedia Food Science*, vol. 6, p. 352-355. <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2016.02.071>
- De La Rosa-Millán, J.; Heredia-Olea, E.; Perez-Carrillo, E.; Guajardo-Flores, D. & Serna-Saldívar, S.R.O. (2019) - Effect of decortication, germination and extrusion on physicochemical and in vitro protein and starch digestion characteristics of black beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food Science and Technology*, vol. 102, p. 330-337. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.12.039>
- Goldstein, J.L. & Swain, T. (1963) - Changes in tannins in ripening fruits. *Phytochemistry*, vol. 2, n. 4, p. 371-383. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)84860-8](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)84860-8)
- Guzmán-Ortiz, F.A.; San Martín-Martínez, E.; Valverde, M.E.; Rodríguez-Aza, Y.; Berríos, J.D.J. & Mora-Escobedo, R. (2017) - Profile analysis and correlation across phenolic compounds, isoflavones and antioxidant capacity during germination of soybeans (*Glycine max* L.). *CyTA - Journal of Food*, vol. 15, n. 4, p. 516-524. <https://doi.org/10.1080/19476337.2017.1302995>
- Hooda, S. & Jood, S. (2003) - Effect of soaking and germination on nutriente and antinutriente contents of fenugreek (*Trigonella foenum graecum* L.). *Journal of Food Biochemistry*, vol. 27, n. 2, p. 165-176. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4514.2003.tb00274.x>
- Huang, X.; Cai, W. & Xu, B. (2014) - Kinetic changes of nutrients and antioxidant capacities of germinated soybean (*Glycine max* L.) and mung bean (*Vigna radiata* L.) with germination time. *Food Chemistry*, vol. 143, p. 268-276. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.07.080>
- IAL (2008) - *Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análises de alimentos*. 4 Ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz.
- Jan, R.; Saxena, D.C. & Singh, S. (2018) - Comparative study of raw and germinated Chenopodium (*Chenopodium album*) flour on the basis of thermal, rheological, minerals, fatty acid profile and phytochemicals. *Food Chemistry*, vol. 269, p. 173-180. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.07.003>
- Jesus, F.F.; Souza, R.T.G.; Teixeira, G.C.S.; Teixeira, I.R. & Devilla, I.A. (2012) - Propriedades físicas de sementes de feijão em função de teores de água. *Revista Engenharia na Agricultura*, vol. 21, n. 1, p. 9-18. <https://doi.org/10.13083/reveng.v21i1.390>
- Kupkanchanakul, W.; Kadowaki, M.; Kubota, M. & Naivikul, O. (2018) - Effect of pre-germination at varying stages of embryonic growth length on chemical composition and protein profile of Thai rice (*Oryza sativa* L.). *Agriculture and Natural Resources*, vol. 52, n. 1, p. 59-65. <https://doi.org/10.1016/j.anres.2018.05.009>
- Landin, L.B.; Bonomo, R.C.F.; Reis, R.C.; Silva, N.M.C.; Veloso, C.M. & Fontan, R.C.I. (2012) - Formulação de quibes com farinha de semente de jaca formulação de quibes com farinha de semente de Jaca. *UNOPAR Científica Ciências Biológicas e da Saúde*, vol. 14, p. 87-93. <https://doi.org/10.17921/2447-8938.2012v14n2p%25p>
- Lazo-Vélez, M.A.; Guardado-Feliz, D.; Avilés-Gonzalez, J.; Romo-López, I. & Serna-Saldívar, S.O. (2018) - Effect of germination with sodium selenite on the isoflavones and cellular antioxidant activity of soybean (*Glycine max*). *Food Science and Technology*, vol. 93, p. 64-70. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.01.060>
- Leite, D.D.F.; Cavalcanti, M.T.; Silva, A.S.; Gonçalves, M. & Almeida, M.C.B.M. (2016) - Propriedades funcionais da semente do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) in natura e germinado. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, vol. 11, n. 1, p. 7-11. <https://doi.org/10.18378/rvads.v11i1.4076>

- Leite, D.D.F. (2017) - *Obtenção da farinha da semente de jaca germinada*. Dissertação de Mestrado. Campina Grande, Universidade Federal de Campina Grande, p.101.
- Li, W.; Shu, C.; Yan, S. & Shen, Q. (2010) - Characteristics of sixteen mung bean cultivars and their protein isolates. *International Journal of Food Science and Technology*, vol. 45, n. 6, p. 1205-1211. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02259.x>
- Lin, P.Y. & Lai, H.M. (2006) - Bioactive compounds in legumes and their germinated products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 54, n. 11, p. 3807-3814. <https://doi.org/10.1021/jf060002o>
- Loures, N.T.P.; Nobrega, L.H.P. & Coelho, S.R.M. (2009) - Análise físico-química, microbiológica e sensorial de brotos de químic, microbiológica e sensorial de brotos de lentilha da variedade PRECOZ lentilha da variedade PRECOZ. *Acta Scientiarum Agronomy*, vol. 31, n. 4, p. 599-606. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v31i4.317>
- Mahanta, C.L. & Kalita, D. (2015) - *Processing and utilization of jackfruit seeds*. In: Preedy, V.R. (Ed.) - *Processing and Impact on Active Components in Food*. London: Elsevier. p. 395-400.
- Maneemegalai, S. & Nandakumar, S. (2011) - Biochemical studies on the germinated seeds of *Vigna radiata* (L.) R. Wilczek, *Vigna mungo* (L.) Hepper and *Pennisetum typhoides* (Burm f.) Stapf and C.E. Hubb. *International Journal of Agricultural Research*, vol. 6, n. 7, p. 601-606. <https://doi.org/10.3923/ijar.2011.601.606>
- Marquezi, M.; Braga, C.S. & Amante, E.R. (2016) - Efeito da temperatura de germinação sobre as características físico-químicas e atividade antioxidante de feijão comum. *Scientia Rural*, vol. 13, p. 22-35.
- Masood, T.; Shah, H.U. & Zeb, A. (2014) - Effect of sprouting time on proximate composition and ascorbic acid level of mung bean (*Vigna radiata* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) seeds. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, vol. 24, n. 3, p. 850-859.
- Megat, R.M.R.; Noraliza, C.W.; Azrina, A. & Zulkhairi, A. (2011) - Nutritional changes in germinated legumes and rice varieties. *International Food Research Journal*, vol. 18, p. 705-713.
- Miller, G.L. (1959) - Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chemistry*, vol. 31, n. 3, p. 426-428. <https://doi.org/10.1021/ac60147a030>
- Oliveira, L.F.; Godoy, R.L.O. & Borges, S.V. (2011) - Qualidade de jaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) desidratada sob diferentes condições de processo. *Brazilian Journal of Food Technology*, vol. 14, n. 3, p. 241-248. <https://doi.org/10.4260/BJFT2011140300029>
- Pająk, P.; Socha, R.; broniek, J.; królikowska, K. & Fortuna, T. (2018) - Antioxidant properties, phenolic and mineral composition of germinated chia, golden flax, evening primrose, phacelia and fenugreek. *Food Chemistry*, vol. 275, p. 69-76. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.081>
- Resende, O.; Corrêa, P.C.; Goneli, A.L.D. & Ribeiro, D.M. (2008) - Propriedades físicas do feijão durante a secagem: determinação e modelagem. *Ciência e Agrotecnologia*, vol. 32, n. 1, p.225-230. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542008000100033>
- Santos, M. (2011) - *Análise cromática de vinhos tintos da variedade Cabernet Sauvignon do Rio Grande do Sul*. Dissertação de Mestrado. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, p. 78.
- Shakuntala, S.; Pura Naik, J.; Jeyarani, T.; Madhava Naidu, M. & Srinivas, P. (2011) - Characterisation of germinated fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) seed fractions. *International Journal of Food Science + Technology*, vol. 46, n. 11, p. 2337-2343. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02754.x>
- Sharma, S.; Saxena, D.C. & Riar, C.S. (2017) - Using combined optimization, GC-MS and analytical technique to analyze the germination effect on phenolics, dietary fibers, minerals and GABA contents of Kodo millet (*Paspalum scrobiculatum*). *Food Chemistry*, vol. 233, p. 20-28. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.099>
- Sharma, N.; Goyal, S.K.; Alam, T.; Fatma, S.; Chaourangrit, A. & Niranjan, K. (2018) - Effect of high pressure soaking on water absorption, gelatinization, and biochemical properties of germinated and non-germinated foxtail millet grains. *Journal of Cereal Science*, vol. 83, p. 162-170. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2018.08.013>
- Sibian, M.S.; Saxena, D.C. & Riar, C.S. (2016) - Effect of pre and post germination parameters on the chemical characteristics of Bengal gram (*Cicer arietinum*). *Food Science and Technology*, vol. 65, p. 783-790. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.09.012>
- Silva, T.T.A.; Souza, L.A.; Oliveira, L.M. & Mendes, R.G. (2007) - Temperatura de germinação, sensibilidade à dessecação e armazenamento de sementes de jaqueira. *Revista Ciência Agronômica*, vol. 38, n. 4, p. 436-439.

- Silva, F.A.S. & Azevedo, C.A.V. (2016) - The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. *African Journal of Agricultural Research*, vol. 11, n. 39, p. 3733-3740. <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11522>
- Sun, J.; Jia, H.; Wang, P.; Zhou, T.; Wu, Y. & Liu, Z. (2019) - Exogenous gibberellin weakens lipid breakdown by increasing soluble sugars levels in early germination of *Zanthoxylum* seeds. *Plant Science*, vol. 280, p. 155-163. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2018.08.013>
- Wang, Y.; Cui, Y.; Hu, G.; Wang, X.; Chen, H.; Shi, Q.; Xiang, J.; Zhang, Y.; Zhu, D. & Zhang, Y. (2018) - Reduced bioactive gibberellin content in rice seeds under low temperature leads to decreased sugar consumption and low seed germination rates. *Plant Physiology and Biochemistry*, vol. 133, p. 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.10.020>
- Waterhouse, A. (2006) - Folin-ciocalteu micro method for total phenol in wine. *American Journal of Enology and Viticulture*, vol. 2006, p. 3-5.
- Yemm, E.W. & Willis, A.J. (1954) - The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. *Biochemical Journal, London*, vol. 57, n. 3, p. 508-514. <https://doi.org/10.1042/bj0570508>
- Yin, Y.; Yang, R. & Gu, Z. (2014) - Organ-Specific Proteomic Analysis of NaCl-Stressed Germinating Soybeans. *Journal of the Agricultural and Food Chemistry*, vol. 62, n. 29, p. 7233-7244. <https://doi.org/10.1021/jf500851r>
- Xu, M.; Jin, Z.; Peckrul, A. & Chen, B. (2018) - Pulse seed germination improves antioxidative activity of phenolic compounds in stripped soybean oil-in-water emulsions. *Food Chemistry*, vol. 250, p. 140-147. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.01.049>
- Zielinski, H.; Frias, J.; Piskuta, M.K.; Kozłowska, H. & Vidal-Valverde, C. (2006) - The effect of germination process on the superoxide dismutase-like activity and thiamine, riboflavin and mineral contents of rape-seeds. *Food Chemistry*, vol. 99, n. 3, p. 516-520. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.08.014>
- Zhang, G.; Xu, Z.; Gao, Y.; Huang, X.; Zou, Y. & Yang, T. (2015) - Effects of Germination on the Nutritional Properties, Phenolic Profiles, and Antioxidant Activities of Buckwheat. *Journal of Food Science*, vol. 80, n. 5, p. 1111-1119. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12830>