

ORIGINAL ARTICLE

Bioacessibilidade *in vitro* de carotenoides e compostos fenólicos e capacidade antioxidante de farinhas do fruto pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.)

In vitro bioaccessibility of carotenoids and phenolic compounds and antioxidant capacity of pequi fruit (Caryocar brasiliense Camb.) flours

Isabela Mendes Pacheco Narita¹, Gabriel Silvério Filbido¹, Bruno Araujo Ferreira², Ana Paula de Oliveira Pinheiro¹, Daphane da Cruz e Silva², Edgar Nascimento¹, Ricardo Dalla Villa³, Adriana Paiva de Oliveira^{1*} 

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT), Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PPGCTA), Campus Cuiabá-Bela Vista, Cuiabá/ MT - Brasil

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT), Departamento de Engenharia de Alimentos, Campus Cuiabá -Bela Vista, Cuiabá/MT - Brasil

³Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Instituto de Ciências Exatas e da Terra (ICET), Departamento de Química, Campus Cuiabá, Cuiabá/MT - Brasil

*Corresponding author: Adriana Paiva de Oliveira, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT), Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Av. Juliano da Costa Marques s/n, Bela Vista, CEP: 78050-560, Cuiabá/MT, Brasil. e-mail: adriana.oliveira@ifmt.edu.br

Cite as: Narita, I. M. P., Filbido, G. S., Ferreira, B. A., Pinheiro, A. P. O, Silva, D. C., Nascimento, E., Villa, R. D., & Oliveira, A. P. (2022). *In vitro* bioaccessibility of carotenoids and phenolic compounds and antioxidant capacity of pequi fruit (*Caryocar brasiliense* Camb.) flours. *Brazilian Journal of Food Technology*, 25, e2021068. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.06821>

Resumo

Este trabalho objetivou avaliar a bioacessibilidade *in vitro* de α -caroteno, β -caroteno, licopeno e de compostos fenólicos, e a capacidade antioxidante em farinhas de amêndoa, polpa e casca do fruto pequi. Além disso, inter-relacionar estes resultados com a atividade de água, acidez e parâmetros de cor, por meio da análise de componentes principais. Os frutos foram coletados no estado de Mato Grosso, sendo higienizados, descascados, despulpados e retiradas as amêndoas. A quantificação das concentrações totais e bioacessíveis dos carotenoides e compostos fenólicos e a capacidade antioxidante foram feitas por espectrofotometria UV-Visível. Os ensaios de bioacessibilidade *in vitro* foram feitos por meio de três etapas: digestão salivar, gástrica e intestinal. As maiores concentrações de α -caroteno (63,81 $\mu\text{g/g}$), β -caroteno (59,83 $\mu\text{g/g}$) e licopeno (40,66 $\mu\text{g/g}$) foram obtidas para farinha da polpa do pequi. Porém, as maiores porcentagens de bioacessibilidade de α -caroteno (59,69%), β -caroteno (96,14%) e licopeno (44,13%) foram encontradas na farinha da amêndoa. Os teores de compostos fenólicos totais foram: 210,50, 402,21 e 9475,69 mg GAE/100g, para as farinhas de amêndoa, polpa e casca, respectivamente, sendo a maior porcentagem de bioacessibilidade (86,68%) encontrada na farinha da polpa. A farinha da casca do pequi apresentou maior capacidade antioxidante (EC_{50}) 45,71 g/g de DPPH. Os maiores resultados de L^* (42,19), a^* (4,17), b^* (8,39) e acidez titulável (17,83 mL NaOH/100 g) foram verificados na farinha da polpa e o menor pH (3,34), na farinha da casca. A análise de componentes principais indicou que o pH e a acidez titulável podem influenciar na bioacessibilidade



Este é um artigo publicado em acesso aberto (*Open Access*) sob a licença *Creative Commons Attribution*, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

de compostos fenólicos e carotenoides, e na capacidade antioxidante. Os resultados sugerem que as farinhas do pequi apresentam compostos bioativos bioacessíveis e boa capacidade antioxidante, e podem ser uma alternativa tecnológica no enriquecimento de produtos alimentícios.

Palavras-chave: Fruto do Cerrado; Digestão *in vitro*; Composição de alimentos; Compostos bioativos; Valor nutricional; DPPH; α -caroteno.

Abstract

This work aimed to evaluate the *in vitro* bioaccessibility of α -carotene, β -carotene, lycopene and phenolic compounds and antioxidant capacity in the pequi almond, pulp and peel flours. Furthermore, it is relevant to interrelate these results with water activity (*aw*), Total Titratable Acidity (TTA), pH and color parameters through principal component analysis. For this, fruits were collected in the state of Mato Grosso (MT), and they were sanitized, peeled, pulped and the almonds removed. Quantification of total and bioaccessible concentrations of carotenoids and phenolic compounds and antioxidant capacity were performed by UV-Visible spectrophotometry. *In vitro* bioaccessibility tests were performed using a three-step: salivary; gastric; and intestinal digestions. The highest concentrations of α -carotene (63.81 $\mu\text{g/g}$), β -carotene (59.83 $\mu\text{g/g}$) and lycopene (40.66 $\mu\text{g/g}$) were obtained for pequi pulp flour. However, the highest percentages of bioaccessibility of α -carotene (59.69%), β -carotene (96.14%) and lycopene (44.13%) were found in almond flour. The concentrations of total phenolic compounds were: 210.50; 402.21; and 9475.69 mg GAE/100g, for pequi almond, pulp and peel flour, respectively. The highest percentage of bioaccessibility (86.68%) was found in pulp flour. Pequi peel flour showed the highest antioxidant capacity (EC_{50}) 45.71 g/g of DPPH. The highest results for L^* (42.19), a^* (4.17), b^* (8.39) and TTA (17.83 mL NaOH/100 g) were verified in the pulp flour; whereas the lowest pH (3.34) was verified in the peel flour. Principal component analysis indicated that pH and TTA can influence the *in vitro* bioaccessibility of phenolic compounds, carotenoids and the antioxidant capacity. The results obtained suggested that pequi flours presented bioaccessible bioactive compounds and good antioxidant capacity and may be a technological alternative in the enrichment of food products.

Keywords: Cerrado fruit; *In vitro* digestion; Food composition; Bioactive compounds; Nutritional value; DPPH; α -caroten.

Highlights

- A farinha da amêndoa do pequi apresentou maior porcentagem de carotenoides bioacessíveis
- A farinha da casca do pequi apresentou maior capacidade antioxidante
- A farinha da polpa do pequi apresentou maior porcentagem de compostos fenólicos bioacessíveis
- O pH e a acidez total titulável influenciaram na bioacessibilidade *in vitro* de compostos fenólicos, carotenoides e capacidade antioxidante.

1 Introdução

O Cerrado, também conhecido como a savana brasileira, devido a sua extensão e biodiversidade, possui grande importância para o Brasil. Por ser a segunda maior vegetação brasileira, nesse bioma pode-se encontrar uma grande variedade de espécies frutíferas com potencial tecnológico, características organolépticas peculiares e alto valor nutricional. Muitas espécies frutíferas presentes no Cerrado têm sido objeto de pesquisas científicas que buscam conhecer o seu perfil físico-químico, bem como suas características nutricionais e tecnológicas (Araújo et al., 2018).

O pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.), fruto do pequizeiro, espécie arbórea nativa do Cerrado brasileiro, é um fruto com características organolépticas peculiares, polpa de cor amarela e amêndoa protegida por um endocarpo espinhoso. O principal uso desse fruto é no consumo direto cozido, sendo sua casca e amêndoa descartadas (Magalhães et al., 2019). No ano de 2018, a extração de pequi no Brasil foi de aproximadamente

21.945 toneladas, o que indica a potencialidade do uso de subprodutos deste fruto, como a casca e a amêndoa, que podem ter relevância econômica e social (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2018).

Considerando que a fração descartada do pequi é superior a 80%, alternativas que visem ao seu aproveitamento na dieta são importantes, principalmente pelo potencial nutricional que pode ser explorado. Alguns estudos indicam que a elaboração de farinhas a partir da polpa e dos resíduos (cascas e amêndoas) é uma alternativa promissora que visa ao aproveitamento integral do fruto, bem como a facilidade de incorporação de alimentos que geralmente são descartados na dieta, contribuindo para a com a promoção da saúde (Braga-Souto et al., 2021; Bem-Feito et al., 2020; Andrade et al., 2020; Leão et al., 2017; Silva et al., 2018a; Justi et al., 2017).

Dentre os compostos bioativos presentes no pequi, os carotenoides e os compostos fenólicos merecem destaque. Os carotenoides, pigmentos naturais responsáveis pela coloração amarelada presente na polpa do pequi, estão amplamente distribuídos entre as plantas. Esses compostos lipossolúveis exibem propriedades antioxidantes, sendo alguns precursores de vitamina A e capazes de fornecer proteção contra os efeitos prejudiciais de radicais livres e espécies reativas do oxigênio (Pinto et al., 2018). Já os compostos fenólicos constituem um dos grupos de fitoquímicos mais abundantes e de alta importância fisiológica e morfológica nas plantas. Evidências demonstram que esses antioxidantes estão relacionados de forma significativa à redução da ocorrência de doenças crônicas e degenerativas nas populações (Monteiro et al., 2015; Leão et al., 2017).

Entretanto, a concentração total de um nutriente ou composto bioativo presente em um alimento não indica o seu real valor nutricional, considerando que nem toda a concentração de um nutriente presente nesta matriz alimentar é liberada e utilizada durante a absorção no organismo enquanto ocorre a digestão e, além disso, componentes presentes na matriz alimentar também podem interferir nesta absorção (Hur et al., 2011). Neste contexto, estudos sobre a bioacessibilidade de nutrientes e compostos ativos em alimentos são de relevância.

A bioacessibilidade é definida como a fração de componentes liberados pela matriz alimentar que se torna disponível para absorção após o processo de digestão (Minekus et al., 2014) e a quantificação dessa fração bioacessível pode ser feita por métodos *in vivo* e *in vitro*, sendo os *in vitro* comumente utilizados, em virtude do baixo custo. Estes métodos permitem um controle das etapas do processo de digestão gastrointestinal, possibilitando uma previsão efetiva da fração bioacessível e posterior indicação de estudos *in vivo* (Gonçalves et al., 2020).

Diante da escassez de trabalhos que relatem a bioacessibilidade de compostos bioativos em frutos do Cerrado brasileiro e de seus subprodutos, bem como a inter-relação com sua composição química, o presente trabalho objetivou a avaliação da bioacessibilidade *in vitro* de α -caroteno, β -caroteno, licopeno e compostos fenólicos, e da capacidade antioxidante de farinhas de amêndoa, polpa e casca do fruto pequi, além da inter-relação, por meio de uma análise de componentes principais destes resultados, com a atividade de água, o pH, a acidez total titulável e os parâmetros de cor.

2 Material e métodos

2.1 Coleta e preparo das amostras

As amostras de pequi foram coletadas nas cidades de Chapada dos Guimarães (15°27'10"S, 55°44'21"W), Cuiabá (15°35'56"S, 56°5'42"W), Poconé (16°15'26"S, 56°37'29"W) e no distrito da Guia (15°21'29.7"S, 56°14'34.2"W), no Estado de Mato Grosso, entre os meses de novembro de 2018 e fevereiro de 2019. Durante a coleta, os frutos foram inseridos em recipientes escuros e refrigerados em caixas térmicas. Os frutos maduros, são e ausentes de podridão foram sanitizados em solução de hipoclorito de sódio 5% (v:v), enxaguados em água corrente, descascados e despulpados. Os caroços despulpados foram submetidos a um sistema específico de guilhotina para rompimento manual do endocarpo e retirada da amêndoa, que foi submetida à inativação enzimática em solução de metabissulfito de sódio 0,5% (m:v). Posteriormente, as

cascas, polpas e amêndoas foram armazenadas em recipientes plásticos escuros e congeladas em freezer. Para as análises, as amostras foram trituradas e submetidas à secagem em estufa a 60 °C por 72 h. As farinhas foram pulverizadas, quarteadas e reduzidas a amostras laboratoriais, que foram distribuídas em sacos plásticos escuros a vácuo e mantidas sob refrigeração até o momento das análises. Vale salientar que todo o procedimento de preparo das amostras e quantificação dos analitos foi feito em vidrarias do tipo âmbar.

2.2 Extração e quantificação de carotenoides e compostos fenólicos totais

Os teores de α -caroteno, β -caroteno e licopeno foram quantificados por meio de procedimento experimental que consistiu na extração dos carotenoides com acetona P.A e éter de petróleo P.A. Após lavagem em funil de separação, o extrato etéreo foi filtrado em sulfato de sódio anidro P.A. As absorvâncias dos extratos foram lidas em espectrofotômetro UV-Visível (Shimadzu®, modelo UV 1800, Japão) nos comprimentos de onda de 453, 444 e 470 nm, para a determinação de β -caroteno, α -caroteno e licopeno, respectivamente (Instituto Adolfo Lutz, 2008).

O preparo dos extratos para determinação dos compostos fenólicos e capacidade antioxidante se baseou na metodologia descrita por Larrauri et al. (1997), que consiste primeiramente de uma extração com metanol 50% (v:v), repouso por 60 min, centrifugação a 7.500 rpm por 30 min e recolhimento do sobrenadante. Em seguida, o mesmo procedimento foi feito com acetona 70% (v:v), sendo que o sobrenadante da segunda extração foi recolhido no mesmo balão volumétrico da primeira extração e avolumado com água deionizada.

A quantificação dos compostos fenólicos foi realizada de acordo com o procedimento proposto por Obanda et al. (1997) e Massa et al. (2019), com a utilização do reagente Folin Ciocalteu (1:3; v:v), e a leitura foi realizada em espectrofotômetro UV-Visível (Shimadzu®, modelo UV 1800, Japão) em um comprimento de onda de 700 nm, sendo a curva padrão feita com ácido gálico.

2.3 Determinação da capacidade antioxidante, atividade de água, acidez e parâmetros de cor

A capacidade antioxidante das amostras foi avaliada pelo método do radical livre 2,2-difenil-1-picrilhidrazila (DPPH), conforme descrito por Brand-Williams et al. (1995) e adaptado por Sánchez-Moreno et al. (1998). Inicialmente, uma solução de metanol contendo DPPH 0,06 mM foi preparada e, depois de ajustar o branco analítico com metanol, 0,1 mL do extrato da amostra foi adicionado a 3,9 mL da solução metanólica de DPPH 0,06 mM. Após homogeneização, a absorvância foi medida em um espectrofotômetro de absorção molecular na região do UV-Visível (Shimadzu®, modelo UV 1800, Japão) em comprimento de onda de 515 nm, em intervalos de 1 min durante os primeiros 10 minutos e, em seguida, em intervalos de 5 min até à estabilização, sendo o tempo de estabilização das amostras obtido em ensaios preliminares de 60 minutos. Uma curva analítica foi feita com leituras no mesmo comprimento de onda para calcular o DPPH remanescente. A capacidade antioxidante foi expressa como a concentração de antioxidante necessária para reduzir a quantidade original de radicais livres em 50% (EC_{50}) e os valores foram expressos como g amostra/g DPPH. Também foi calculada a porcentagem (%) de inibição do radical DPPH em diferentes concentrações dos extratos, de acordo com O'Sullivan et al. (2009). Todos os experimentos foram feitos em triplicata.

As determinações de atividade de água (Aa) foram feitas em aparelho Aqualab 4TE na medição do ponto de orvalho com leitura direta no equipamento (Decagon 192 ® modelo AQUALAB 4TE, EUA). A acidez total titulável (ATT) foi determinada por titulação de neutralização; o pH, por potenciometria direta em pHmetro digital (Hanna® modelo HI2211), e os parâmetros de cor, pelo sistema CIELab (L^* , a^* , b^*) calibrado para um padrão branco (CMA-177) em colorímetro digital, marca Konica Minolta Inc., modelo CM-700d. Todas as determinações foram feitas em triplicata e de acordo com os métodos descritos pelo Instituto Adolfo Lutz (2008) e *Association of Official Analytical Chemists* (2012).

2.4 Bioacessibilidade *in vitro*

Os ensaios de bioacessibilidade *in vitro* se basearam na metodologia descrita por Minekus et al. (2014) e Silva et al. (2018b), que consiste em uma digestão *in vitro* composta por três etapas: digestão salivar, gástrica e intestinal. Em cada uma das etapas, uma solução enzimática tamponada foi preparada, de modo a simular os fluidos salivar, gástrico e pancreático (Tabela 1).

Tabela 1. Concentrações recomendadas dos eletrólitos e enzimas utilizados nos ensaios de bioacessibilidade *in vitro* de acordo com o protocolo INFOGEST (Minekus et al., 2014; Silva et al., 2018b).

Fluido Salivar		Fluido Gástrico		Fluido Intestinal	
Reagente	(g L ⁻¹)	Reagente	(g L ⁻¹)	Reagente	(g L ⁻¹)
KCl	1,13	KCl	0,51	KCl	0,507
KH ₂ PO ₄	0,5	KH ₂ PO ₄	0,12	KH ₂ PO ₄	0,109
NaHCO ₃	1,14	NaHCO ₃	2,1	NaHCO ₃	7,14
MgCl ₂ (H ₂ O) ₆	0,03	NaCl	2,76	NaCl	2,25
(NH ₄) ₂ CO ₃	0,0058	MgCl ₂ (H ₂ O) ₆	0,024	MgCl ₂ (H ₂ O) ₆	0,067
HCl	1,1 mM	(NH ₄) ₂ CO ₃	0,048	HCl	8,4 mM
CaCl ₂ *	0,75 mM	HCl	15,6 mM	CaCl ₂ *	0,3 mM
α-Amilase	37,5 U/mL	CaCl ₂ *	0,075 mM	Pancreatina**	216 U/mL
		Pepsina	7396 U/mL	Sais Biliares	27

* CaCl₂ adicionado apenas no procedimento de digestão. ** Valor calculado com base na atividade de protease.

Foram pesados aproximadamente 2,5 g de amostras em tubos de Falcon, sendo adicionados 2,0 mL de fluido salivar e 0,5 mL de cloreto de cálcio 7,5 mM. Após esta etapa, o pH foi ajustado para 7,0 e a mistura foi colocada em um banho-maria com termoagitador a 37 °C por 10 min. Em seguida, 4,55 mL de fluido gástrico e 350 µL de cloreto de cálcio 2,0 mM foram adicionados, o pH foi ajustado para 3,0 e a mistura permaneceu em banho-maria com termoagitador a 37 °C por 2 h. Após esta etapa, 9,25 mL de fluido intestinal e 675 µL de cloreto de cálcio 9,0 mM foram adicionados, o pH foi ajustado com hidróxido de sódio para 7,0 e a mistura foi mantida em banho-maria com termoagitador por 2 h a 37 °C. O hidrolisado gastrointestinal (quimo) foi colocado em banho de gelo por 20 min, centrifugado a 10.600 g por 30 min. Após a centrifugação, a porção solúvel (sobrenadante) foi filtrada em um filtro de membrana de 0,45 µm e a quantificação da concentração bioacessível de α-caroteno, β-caroteno, licopeno e compostos fenólicos foi feita conforme os procedimentos descritos no item 2.2.

2.5 Tratamento estatístico

O experimento foi conduzido de acordo com um delineamento inteiramente casualizado (DIC), com três tratamentos e três repetições em triplicata. Os resultados foram expressos em valor médio e desvio padrão. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk. Para os dados normais, foi realizado o teste de Tukey. Os dados que não apresentaram normalidade foram submetidos ao teste de Kruskal-Wallis e a comparação entre os tratamentos se deu pelo teste de Wilcoxon. Os dados foram analisados com o auxílio do software R versão 3.6.1 do pacote ExpDes.pt (Ferreira et al., 2018) e do pacote Agricolae (Mendiburu, 2019). Ainda, utilizando o pacote Factoshiny (Vaissie et al., 2018), foi realizada a análise de componentes principais (ACP), que permite avaliar as inter-relações entre as variáveis, sendo o resultado apresentado na forma de gráfico.

3 Resultados e discussão

De acordo com a concentração total dos carotenoides demonstrada na Tabela 2, pode-se afirmar que as concentrações de α-caroteno e licopeno, nas farinhas da amêndoa e da casca do pequi, não apresentaram diferença significativa, enquanto os maiores teores destes compostos e de β-caroteno podem ser observados na farinha da polpa do fruto.

Tabela 2. Concentração total e bioacessível (valor médio \pm desvio padrão) e porcentagem de bioacessibilidade de α -caroteno, β -caroteno, licopeno e compostos fenólicos nas farinhas de amêndoa, polpa e casca do pequi.

Análitos	Farinhas	Concentração total	Concentração bioacessível	Porcentagem de Bioacessibilidade (%)
α -caroteno ($\mu\text{g/g}$)	Amêndoa	14,73 \pm 2,8 ^b	8,35 \pm 1,25 ^b	59,69
	Polpa	63,81 \pm 1,15 ^a	20,52 \pm 1,95 ^a	32,16
	Casca	17,42 \pm 2,71 ^b	6,82 \pm 1,38 ^b	38,15
β -caroteno ($\mu\text{g/g}$)	Amêndoa	9,34 \pm 1,32 ^c	8,98 \pm 1,28 ^b	96,14
	Polpa	59,83 \pm 1,76 ^a	17,81 \pm 0,61 ^a	29,77
	Casca	18,52 \pm 1,78 ^b	9,99 \pm 1,54 ^b	53,94
Licopeno ($\mu\text{g/g}$)	Amêndoa	13,62 \pm 0,89 ^b	6,01 \pm 0,34 ^b	44,13
	Polpa	40,66 \pm 0,98 ^a	10,76 \pm 0,42 ^a	26,46
	Casca	11,93 \pm 1,16 ^b	3,94 \pm 0,28 ^c	33,02
Compostos fenólicos (mg GAE/100g)	Amêndoa	210,50 \pm 34,95 ^C	140,45 \pm 8,76 ^C	62,72
	Polpa	402,21 \pm 35,75 ^B	348,62 \pm 5,04 ^B	86,68
	Casca	9475,69 \pm 12,74 ^A	717,85 \pm 12,25 ^A	7,57

^{a,b,c} Letras minúsculas iguais indicam médias estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 5% de significância. Comparação entre as amostras para cada tipo de análise. ^{A,B,C} Letras maiúsculas iguais indicam médias estatisticamente iguais pelo teste de Wilcoxon a 5% de significância. Comparação entre as amostras para cada tipo de análise.

Os resultados obtidos mostram que as farinhas de polpa, amêndoa e casca do pequi apresentaram concentrações totais de α -caroteno, β -caroteno e licopeno variando de 9,34 a 63,81 $\mu\text{g/g}$. Lima et al. (2007) verificaram elevadas concentrações de carotenoides totais presentes na polpa (72,5 $\mu\text{g/g}$) e na amêndoa (2,95 $\mu\text{g/g}$) do pequi *in natura*. Leão et al. (2017) encontraram elevadas concentrações de carotenoides totais em farinha do epicarpo + mesocarpo (34,99 $\mu\text{g/g}$) e farinhas somente do mesocarpo (21,16 $\mu\text{g/g}$) do fruto pequi.

As concentrações de carotenoides totais determinadas nas farinhas da amêndoa e da casca do pequi foram semelhantes aos resultados encontrados por Gonçalves et al. (2020), em amostras de amêndoa de baru e polpa de bocaiuva. Estudos apontam que fatores como clima e incidência solar estão diretamente relacionados com o teor de carotenoides, sendo a incidência solar capaz de favorecer a biossíntese de carotenoides. Entretanto, essa mesma exposição solar também colabora para a fotodegradação destes nutrientes (Xu et al., 2020).

As concentrações de β -caroteno quantificadas na farinha da casca do pequi foram próximas aos valores encontrados no trabalho descrito por Cangussu et al. (2021), que também determinaram este analito em farinhas da casca de pequi. Já as concentrações de β -caroteno obtidas na farinha da polpa do fruto foram superiores aos resultados determinados por Cardoso et al. (2013), em polpas de pequi cozidas (42,40 $\mu\text{g/g}$). Em comparação com outros frutos, a farinha da polpa do pequi apresentou concentrações de β -caroteno semelhantes às obtidas por Cardoso et al. (2014), em polpa de mangaba (60 $\mu\text{g/g}$), e inferiores ao determinado por Hamacke et al. (2013), no fruto araçá (300 $\mu\text{g/g}$). Considerando o processo de secagem ao qual as farinhas foram submetidas, a concentração final de carotenoides na farinha da polpa do fruto foi relevante, demonstrando o potencial nutricional das farinhas elaboradas a partir do fruto do pequi. Tendo em vista a indicação diária recomendada (IDR) de 3,59 mg de β -caroteno para um adulto, 100 g das farinhas de amêndoa, polpa e casca do pequi podem fornecer cerca de 26,02%, 166,66% e 51,59% da IDR, respectivamente (Brasil, 2005).

As concentrações bioacessíveis de α -caroteno, β -caroteno e licopeno demonstram o potencial tecnológico que pode ser explorado nas farinhas do pequi, em destaque as porcentagens de bioacessibilidade obtidas para a farinha da amêndoa de pequi. Muitos fatores podem influenciar o processo de bioacessibilidade dos carotenoides, como a interação desses compostos com outros componentes da matriz alimentar, pois geralmente a fração bioacessível está vinculada com a capacidade de micelização (Rodrigues et al., 2016).

O alto valor de β -caroteno encontrado nas farinhas após o processo de digestão pode ser resultado de uma possível separação dos carotenoides da matriz alimentar, ocorrida pelo próprio processo de digestão, aumentando sua capacidade de extração e resultando em um aumento aparente em seu conteúdo (Mugode et al., 2014).

Entretanto, considerando a boa capacidade de retenção dos carotenoides após o processo de digestão, observada principalmente para β -caroteno na farinha da amêndoa do fruto, o aproveitamento destes subprodutos pode ser indicado no preparo de alimentos processados com o intuito de agregar valor nutricional, tendo em vista que alimentos ricos em carotenoides oferecem vários benefícios à saúde, como redução do risco de doenças cardiovasculares, câncer e outras doenças degenerativas (Eleazu et al., 2012).

Sabendo-se que a via do ácido chiquimato é a principal precursora dos principais compostos fenólicos nas plantas, a produção destes componentes está relacionada com o estresse sofrido pelo vegetal e os fatores ambientais aos quais é submetido. Assim, as concentrações mais elevadas de compostos fenólicos foram observadas na farinha da casca do pequi, uma vez que a casca do fruto está diretamente exposta a essas condições ambientais adversas, como excessiva incidência solar, altas temperaturas, impacto com o solo ao atingir o estágio de maturação, entre outras (Santos-Sánchez et al., 2019).

A concentração total de compostos fenólicos quantificada na farinha da casca do pequi foi superior aos valores encontrados por Cangussu et al. (2021) (11,52-418,67 mg GAE/100 g) e inferior aos observados no trabalho de Bemfeito et al. (2020) (20.893,73 mg GAE/100 g), em farinhas da casca de pequi. Para a farinha da amêndoa, as concentrações de compostos fenólicos totais determinadas neste trabalho foram superiores às encontradas na amêndoa *in natura*, segundo Lima et al. (2007), e inferiores às obtidas por Leão et al. (2017), na farinha de epicarpo + mesocarpo (17.420 mg GAE/100 g). Para a farinha da polpa do fruto, os resultados obtidos foram inferiores aos encontrados na polpa *in natura* por Lima et al. (2007) e na farinha do mesocarpo do pequi (15.490 mg GAE/100 g), determinado por Leão et al. (2017), e superiores aos quantificados em farinha da polpa do fruto, no trabalho descrito por Costa et al. (2017) (1,165 mg GAE/100 g)

As concentrações de compostos fenólicos totais encontradas nas farinhas da polpa e principalmente da casca do pequi foram superiores às encontradas em polpas de outros frutos, como marolo (739,37 mg GAE/100 g), murici (334,37 mg GAE/100 g), graviola (281,00 mg GAE/100 g) e granadila (245,36 mg GAE/100 g) (Souza et al., 2012). O valor também foi superior ao encontrado por Monteiro et al. (2015), em diferentes extratos da casca do pequi, que variou de 7.218 a 7.858 mg GAE/100 g. Apesar de as diferentes metodologias para determinação de compostos fenólicos dificultarem a comparação dos resultados, de acordo com a classificação proposta por Souza et al. (2012), os resultados obtidos neste trabalho para as farinhas de amêndoa e polpa do pequi podem ser classificados com concentração média de compostos fenólicos, enquanto a farinha da casca pode ser classificada com alta concentração destes compostos.

A farinha da polpa do pequi apresentou maior percentual de bioacessibilidade de compostos fenólicos (86,68%). Apesar do elevado teor de compostos fenólicos totais presentes na farinha da casca do pequi, foi observado no presente estudo que a mesma apresentou uma menor porcentagem de bioacessibilidade quando comparada às farinhas de polpa e amêndoa. Estudos identificaram que alguns compostos fenólicos podem ser instáveis nas condições fisiológicas do processo de digestão, sofrendo alterações estruturais irreversíveis quando expostos a pH baixos, como do fluido gástrico, ou alcalinos, como do fluido intestinal (Krook & Hagerman, 2012).

A capacidade antioxidante das farinhas de amêndoa, polpa e casca do pequi (Tabela 3) foi avaliada de acordo com a capacidade do extrato das farinhas para eliminar 50% do radical 2,2-difenil-1-picril-hidrazil (DPPH) e expressa em EC_{50} g de farinha/g de DPPH, ou seja, quanto menor a quantidade de amostra necessária para inibir um grama do radical DPPH, maior é a capacidade antioxidante da amostra. Considerando que houve diferença estatística significativa nas três farinhas analisadas, a farinha da casca do pequi foi a que apresentou maior capacidade antioxidante, seguida das farinhas de polpa e amêndoa.

Alguns estudos, como o realizado por Rufino et al. (2020), relacionam a capacidade antioxidante com a concentração de compostos fenólicos e apontam que o método de captura do radical DPPH pode não ser adequado para expressar a real capacidade antioxidante de amostras que apresentam grande concentração de substâncias lipossolúveis, pois o método de captura do radical DPPH baseia-se na solubilidade destes antioxidantes no processo de extração para sua quantificação. Assim, a insolubilidade destes componentes, muitas vezes com estruturas complexas, no processo de extração pode explicar o observado no presente estudo para as farinhas de amêndoa e polpa do pequi.

Tabela 3. Capacidade antioxidante (valor médio \pm desvio padrão, EC₅₀ g/g de DPPH) das farinhas de amêndoa, polpa e casca do pequi.

Farinhas	EC ₅₀ (g/g de DPPH)
Amêndoa	5266,44 \pm 38,89 ^A
Polpa	4876,38 \pm 149,83 ^B
Casca	45,71 \pm 6,77 ^C

^{A,B,C} Letras maiúsculas iguais indicam médias estatisticamente iguais pelo teste de Wilcoxon a 5% de significância.

Os resultados obtidos neste trabalho para a farinha da casca de pequi foram próximos aos quantificados por Leão et al. (2017), em farinhas do epicarpo + mesocarpo (44,43 g/g de DPPH) e farinha do mesocarpo do pequi (48,02 g/g de DPPH), evidenciando a excelente capacidade antioxidante da farinha da casca de pequi.

Em comparação ao estudo realizado por Schiassi et al. (2018), que avaliaram a capacidade antioxidante de diferentes frutos do Cerrado brasileiro, os resultados obtidos para as farinhas da amêndoa e da polpa do pequi apresentaram menor capacidade antioxidante do que as polpas de araçá (721,85 g/g DPPH), buriti (951,52 g/g DPPH), cagaita (337,88 g/g DPPH), mangaba (2.681,91 g/g DPPH) e marolo (148,59 g/g DPPH).

A Figura 1 apresenta a porcentagem de inibição nas três farinhas analisadas. Tendo em vista a grande concentração de antioxidantes presentes na farinha da casca do pequi, uma diluição maior fez-se necessária para melhor expressar a porcentagem de inibição do radical DPPH dessa amostra. Pode-se observar que as farinhas de polpa e amêndoa do pequi apresentaram baixa capacidade antioxidante; entretanto, a farinha da casca do pequi apresentou alta capacidade antioxidante, com percentual de inibição do radical DPPH próximo de 90%, na concentração de 2,5 g/L do extrato. De acordo com a literatura, a capacidade oxidante pode ser classificada como nível alto (> 70%), nível intermediário (40% - 70%) ou nível baixo (< 40%), relacionando-se com os níveis de inibição da oxidação (OI) (Santos et al., 2015).

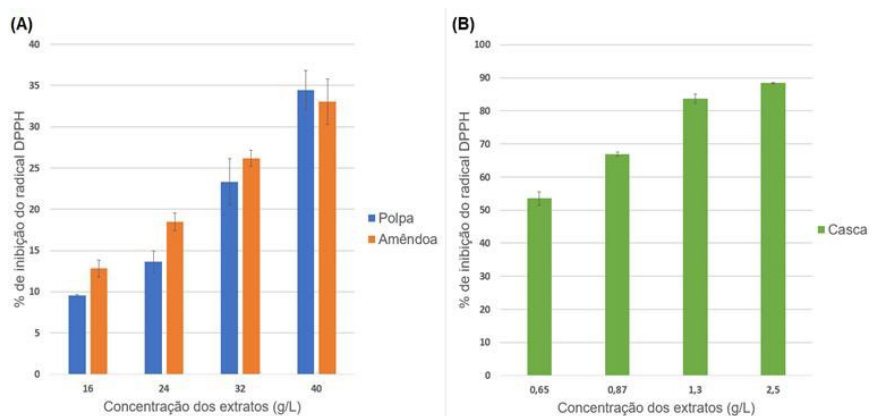


Figura 1. Porcentagem de inibição do radical DPPH para o extrato das farinhas da amêndoa e da polpa do pequi (A) e da farinha da casca do pequi (B), em diferentes concentrações.

A porcentagem de inibição do radical DPPH obtida no extrato da farinha da casca do pequi na concentração de 2,5 g/L foi superior aos valores encontrados no extrato aquoso de pequi descritos por Denger et al. (2020) e no trabalho de Monteiro et al. (2015), para o extrato aquoso somente da casca de pequi.

A Tabela 4 mostra que os valores de atividade de água (Aa) não apresentaram diferença estatística significativa e atendem aos valores recomendados de Aa para farinhas. Entretanto, para pH e ATT, foram verificadas diferenças estatísticas significativas entre as amostras, sendo que o menor valor de pH foi observado na farinha da casca do pequi, que também apresentou maior valor de ATT, o que pode ser atribuído às altas concentrações de ácidos orgânicos presentes na casca do fruto. Os três parâmetros de cor analisados (L*, a* e b*) apresentaram diferença significativa, em que maiores médias foram observadas na farinha da polpa do pequi, indicando maior luminosidade e coloração tendendo do vermelho ao amarelo. Ribeiro et al.

(2014) encontraram valores de L^* próximos de 43 em polpa de pequi da região leste do Brasil, semelhantes ao observado no presente estudo para a farinha da polpa do pequi que passou pelo processo de secagem.

Tabela 4. Atividade de água (Aa), pH, acidez total titulável (ATT) e parâmetros de cor (L^* , a^* e b^*) das farinhas de amêndoa, polpa e casca do pequi.

Farinha	Aa	pH	ATT (mL NaOH/100 g)	L^*	a^*	b^*
Amêndoa	0,3122 ± 0,006 ^a	5,79 ± 0,04 ^A	11,79 ± 0,22 ^b	37,79 ± 0,26 ^c	1,31 ± 0,08 ^c	1,34 ± 0,05 ^c
Polpa	0,3329 ± 0,009 ^a	4,86 ± 0,02 ^B	6,15 ± 0,45 ^c	42,19 ± 1,09 ^a	4,17 ± 0,19 ^a	8,39 ± 0,81 ^a
Casca	0,3127 ± 0,009 ^a	3,34 ± 0,01 ^C	17,83 ± 0,20 ^a	40,09 ± 0,38 ^b	2,63 ± 0,15 ^b	4,65 ± 0,27 ^b

^{a,b,c} Letras minúsculas iguais indicam médias estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 5% de significância. Comparação entre as amostras para cada tipo de análise. ^{A,B,C} Letras maiúsculas iguais indicam médias estatisticamente iguais pelo teste de Wilcoxon a 5% de significância. Comparação entre as amostras para cada tipo de análise.

Observa-se por meio da análise de componentes principais (Figura 2) que a atividade de água foi o parâmetro que menos contribuiu para o experimento, pois apresenta o menor vetor. Porém, todos os parâmetros analisados apresentaram relevâncias, o que pode ser explicado pelo percentual maior que 95% nas dimensões 1 e 2, nas quais evidencia-se a forte correlação negativa do EC_{50} com as concentrações totais e bioacessíveis de compostos fenólicos, enquanto uma correlação positiva pode ser observada do pH com o EC_{50} , indicando que a capacidade antioxidante é maior em amostras com menor pH. Em contrapartida, quanto maior acidez total, maior o teor bioacessível de licopeno.

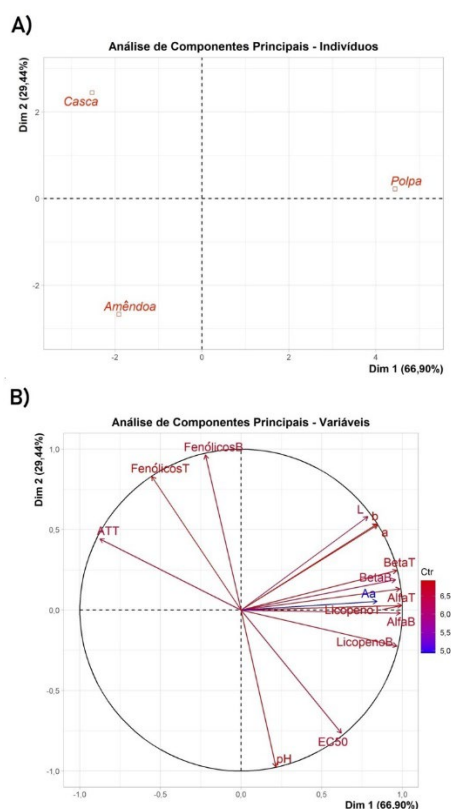


Figura 2. Análise de componentes principais (ACP) com os gráficos de scores (A) e de loadings (B) dos três tratamentos (farinhas de casca, polpa e amêndoa de pequi) e dos parâmetros avaliados. FenólicosT = Compostos Fenólicos Totais; FenólicosB = Compostos Fenólicos Bioacessíveis; BetacarotenoT = β -caroteno total; AlfacarotenoT = α -caroteno total; LicopenoT = licopeno total; BetacarotenoB = β -caroteno bioacessível; AlfacarotenoB = α -caroteno bioacessível; LicopenoB = licopeno bioacessível; ATT= acidez total titulável; Aa = atividade de água; pH = potencial hidrogeniônico; L^* , a^* , b^* = parâmetros de cor do sistema CIELab; EC_{50} = capacidade antioxidante expressa pela concentração mínima de antioxidante necessária para reduzir em 50% a concentração inicial de DPPH.

Além disso, pode ser verificado que o indivíduo que mais contribuiu para os parâmetros de cor foi a farinha da polpa do pequi, devido à maior concentração de carotenoides, o que pode ser justificado pela forte correlação positiva com os parâmetros a e b, que indicaram a tendência da cor dessa farinha do vermelho ao amarelo. Esse parâmetro contribuiu também para melhor discriminar a farinha da polpa, uma vez que as três farinhas analisadas apresentaram características significativamente distintas, em que a farinha da amêndoa se apresenta em oposição aos vetores correspondentes aos parâmetros de cor, indicando uma correlação negativa dessas variáveis para essa amostra. Já a farinha da casca de pequi foi diferenciada das demais devido às maiores concentrações de fenólicos, como demonstrado com a posição dos indivíduos e das variáveis na Figura 2.

4 Conclusão

As farinhas de amêndoa, polpa e casca do pequi apresentaram altas concentrações de α -caroteno, β -caroteno e licopeno, sendo a maior porcentagem bioacessível destes compostos observada na farinha da amêndoa. A farinha da casca do pequi demonstrou excelente capacidade antioxidante, juntamente com alta concentração de compostos fenólicos totais e bioacessíveis. Note-se que fatores, como acidez de pH, podem influenciar o teor bioacessível de compostos fenólicos e alguns carotenoides. Conclui-se que estudos sobre a bioacessibilidade de nutrientes e as tecnologias para uso de frutos regionais brasileiros na elaboração de novos produtos são relevantes, tendo em vista o potencial nutricional encontrado em matérias-primas que, muitas vezes, são descartadas, como a casca e a amêndoa do pequi.

Agradecimentos

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT), pelo fomento concedido pelo Edital 001/2019 DPG/PROPES/IFMT; à Fundação de Amparo à Pesquisa de Mato Grosso (FAPEMAT), pelo fomento concedido pelo Edital Universal 42/2016 (Processo FAPEMAT.0510763/2017), e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos.

Referências

- Andrade, R. M. S., Silva, S., Costa, C. M. S. F., Veiga, M., Costa, E., Ferreira, M. S. L., Gonçalves, E. C. B. A., & Pintado, M. E. (2020). Potential prebiotic effect of fruit and vegetable byproducts flour using in vitro gastrointestinal digestion. *Food Research International*, 137, 109354. PMID:33233058. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109354>
- Araújo, A. C. M. A., Menezes, E. G. T., Terra, A. W. C., Dias, B. O., Oliveira, E. R., & Queiroz, F. (2018). Bioactive compounds and chemical composition of Brazilian Cerrado fruits'wastes: pequi almonds, murici, and sweet passionfruit seeds. *Journal of Food Science and Technology*, 38(1, Suppl. 1), 203-221. <http://dx.doi.org/10.1590/fst.19417>
- Association of Official Analytical Chemists – AOAC. (2012). *Official Methods SM Program Manual (OMA Program Manual)* (19th ed.). Arlington: AOAC International.
- Bemfeito, C. M., Carneiro, J. D. S., Carvalho, E. E. N., Coli, P. C., Pereira, R. C., & Vilas Boas, E. V. R. (2020). Nutritional and functional potential of pumpkin (*Cucurbita moschata*) pulp and pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) peel flours. *Journal of Food Science and Technology*, 57(10), 3920-3925. PMID:32904012. <http://dx.doi.org/10.1007/s13197-020-04590-4>
- Braga-Souto, R. N., Santos, T. C., Pereira, G. S. L., Oliveira, M. L. P., Vieira, C. R., & Lima, J. P. (2021). Pequi flour applied in the preparation of food pasta. *Revista Caatinga*, 34(2), 460-470. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252021v34n222rc>
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel-Wissenschaft + Technologie*, 28(1), 25-30. [http://dx.doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
- Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. (2005). Regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais (Resolução RDC n° 269, de 22 de setembro de 2005). *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília.
- Cangussu, L. B., Leão, D. P., Oliveira, L. S., & França, A. S. (2021). Profile of bioactive compounds in pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) peel flours. *Food Chemistry*, 350, 129221. PMID:33618096. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129221>
- Cardoso, L., Reis, B. L., Hamasek, R. L., & Pinheiro-Sant'Ana, H. M. (2013). Chemical characteristics and bioactive compounds of cooked pequi fruits (*Caryocar brasiliense* Camb.) from the Brazilian Savannah. *Fruits*, 68(1), 3-14. <http://dx.doi.org/10.1051/fruits/2012047>

- Cardoso, L., Reis, B. L., Oliveira, D. S., & Pinheiro-Sant'Ana, H. M. (2014). Mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) from the Brazilian Cerrado: nutritional value, carotenoids and antioxidant vitamins. *Fruits*, 69(2), 89-99. <http://dx.doi.org/10.1051/fruits/2013105>
- Costa, A. P. F., Pinto, E. G., & Soares, D. S. B. (2017). Obtenção de farinha do mesocarpo de pequi. *Agrarian (Dourados)*, 10(38), 349. <http://dx.doi.org/10.30612/agrarian.v10i38.7051>
- Denger, A. P. F. L., Kawano, L. O., Paula, R. A. O., Santos, L. B., Rodrigues, M. R., Paula, F. B. A., & Duarte, S. M. S. (2020). Determinação da atividade antioxidante e de fenóis totais do pequi (Caryocar brasiliense Camb.). *Research, Social Development*, 9(11), e2859119781. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i11.9781>
- Eleazu, C., Eleazu, K., Awa, E., & Chukwuma, S. (2012). Comparative study of the phytochemical composition of the leaves of five Nigerian medicinal plants. *Journal of Biotechnology and Pharmaceutical Research*, 3, 42-46. <http://dx.doi.org/10.9734/JAMPS/2016/21816>
- Ferreira, E.B., Cavalcanti, P.C., & Nogueira, D.A. (2018). *ExpDes.pt: Experimental Package Designs (Portuguese). R package version 1.2.0*. Recuperado em 12 de abril de 2022, de <https://CRAN.R-project.org/package=ExpDes.pt>.
- Gonçalves, T. O., Filbido, G. S., Pinheiro, A. P. O., Piereti, P. D. P., Dalla Villa, R., & Oliveira, A. P. (2020). In vitro bioaccessibility of the Cu, Fe, Mn and Zn in the baru almond and bocaiúva pulp and, macronutrients characterization. *Journal of Food Composition and Analysis*, 86, 103356. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2019.103356>
- Hamacke, F. R., Santos, P. R. G., Cardoso, L. M., Ribeiro, S. M. R., & Pinheiro-Sant'Ana, H. M. (2013). 'Araçá of Cerrado' from the Brazilian Savannah: physical characteristics, chemical composition, and content of carotenoids and vitamins. *Fruits*, 68(6), 467-481. <http://dx.doi.org/10.1051/fruits/2013095>
- Hur, S. J., Lim, B. O., Decker, E. A., & McClements, D. J. (2011). In vitro human digestion models for food applications. *Food Chemistry*, 125(1), 1-12. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.08.036>
- Instituto Adolfo Lutz – IAL. (2008). *Métodos Físico-químicos para análise de alimentos* (4a ed.). Brasília: Agência de Vigilância Sanitária, Ministério da Saúde.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Agropecuária. (2018). *Produção da extração vegetal e da silvicultura*. Rio de Janeiro: IBGE.
- Justi, P. N., Ohata, S. M., Kassuya, C. A. L., Macedo, M. R. L., & Argandoña, E. J. S. (2017). Aspectos tecnológicos na produção de farinha de polpa de pequi. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 12(4), 775-782. <http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v12i4.4940>
- Krook, M. A., & Hagerman, A. E. (2012). Stability of polyphenols epigallocatechin gallate and pentagalloyl glucose in a simulated digestive system. *Food Research International*, 49(1), 112-116. PMID:23028206. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2012.08.004>
- Larrauri, J. A., Rupérez, P., & Saura-Calixto, F. (1997). Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(4), 1390-1393. <http://dx.doi.org/10.1021/jf960282f>
- Leão, D. P., Franca, A. S., Oliveira, L. S., Bastos, R., & Coimbra, M. A. (2017). Physicochemical characterization, antioxidant capacity, total phenolic and proanthocyanidin content of flours prepared from pequi (Caryocar brasiliense Camb.) fruit by-products. *Food Chemistry*, 225, 146-153. PMID:28193408. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.01.027>
- Lima, A., Silva, A. M. O., Trindade, R. A., Torres, R. P., & Mancini-Filho, J. (2007). Composição química e compostos bioativos presentes na polpa e na amêndoa do pequi (Caryocar brasiliense, Camb.). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 29(3), 695-698. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452007000300052>
- Magalhães, F. S., Sá, M. S. M., Cardoso, V. L., & Reis, M.H.M. (2019). Recovery of phenolic compounds from pequi (Caryocar brasiliense Camb.) fruit extract by membrane filtrations: comparison of direct and sequential processes. *Journal of Food Engineering*, 257, 26-33. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.03.025>
- Massa, M., Buono, S., Langellotti, A. L., Martello, A., Russo, G. L., Troise, D. A., Sacchi, R., Vitaglione, P., & Fogliano, V. (2019). Biochemical composition and in vitro digestibility of *Galdieria sulphuraria* grown on spent cherry-brine liquid. *New Biotechnology*, 53, 9-15. PMID:31195159. <http://dx.doi.org/10.1016/j.nbt.2019.06.003>
- Mendiburu F. (2019). *Agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research. R package version 1.3-1*. Recuperado em 12 de abril de 2022, de <https://CRAN.R-project.org/package=agricolae>.
- Minekus, M., Alminger, M., Alvito, P., Ballance, S., Bohn, T., Bourlieu, C., Carriere, F., Boutrou, R., Corredig, M., Dupont, D., Dufour, C., Egger, L., Golding, M., Karakaya, S., Kirkhus, B., Le Feunteun, S., Lesmes, U., Macierzanka, A., Mackie, A., Marze, S., McClements, D., Ménard, O., Recio, I., Santos, C. N., Singh, R. P., Vegarud, G. E., Wickham, M. S., Weitschies, W., & Brodtkorb, A. (2014). A standardised static in vitro digestion method suitable for food - an international consensus. *Food & Function*, 5(6), 1113-1124. PMID:24803111. <http://dx.doi.org/10.1039/C3FO60702J>
- Monteiro, S. S., Silva, R. R., Silva, S. C. M., Barin, J. S., & Rosa, C. S. (2015). Phenolic compounds and antioxidant activity of extracts of pequi peel (Caryocar brasiliense Camb.). *International Food Research Journal*, 22(5), 1985-1992. Recuperado em 29 de março de 2021, de [http://ifrij.upm.edu.my/22%20\(05\)%202015/\(36\).pdf](http://ifrij.upm.edu.my/22%20(05)%202015/(36).pdf)
- Mugode, L., Ha, B., Kaunda, A., Sikombe, T., Phiri, S., Mutale, R., Davis, C., Tanumihardjo, S., & De Moura, F. F. (2014). Carotenoid retention of biofortified provitamin a maize (*Zea mays* L.) after Zambian traditional methods of milling, cooking and storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(27), 6317-6325. PMID:24930501. <http://dx.doi.org/10.1021/jf501233f>

- O'Sullivan, A. M., O'Callaghan, Y. C., O'Grady, M. N., Kraan, S., Kerry, J. P., & O'Brien, N. M. (2009). Determination of the antioxidant potential of seaweed extracts using different methods. *Proceedings of the Nutrition Society*, 68(OCE), E110. <http://dx.doi.org/10.1017/S0029665109990668>
- Obanda, M., Owuor, P. O., & Taylor, S. J. (1997). Flavanol composition and caffeine content of green leaf as quality potential indicators of kenyan black teas. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 74(2), 209-215. [http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199706\)74:2<209::AID-JSFA789>3.0.CO;2-4](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199706)74:2<209::AID-JSFA789>3.0.CO;2-4)
- Pinto, M. R. M. R., Paula, D. A., Alves, A. I., Rodrigues, M. Z., Vieira, É. N. R., Fontes, E. A. F., & Ramos, A. M. (2018). Encapsulation of carotenoid extracts from pequi (*Caryocar brasiliense* Camb) by emulsification (O/W) and foam-mat drying. *Powder Technology*, 339, 939-946. <http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2018.08.076>
- Ribeiro, D. M., Fernandes, D. C., Alves, A. M., & Naves, M. M. V. (2014). Carotenoids are related to the colour and lipid content of the pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) pulp from the Brazilian Savanna. *Food Science and Technology (Campinas)*, 34(3), 507-512. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-457x.6369>
- Rodrigues, D. B., Mariutti, L. R. B., & Mercadante, A. Z. (2016). In vitro digestion method adapted for carotenoids and carotenoid esters: moving forward towards standardization. *Food & Function*, 7(12), 4992-5001. PMID:27891544. <http://dx.doi.org/10.1039/C6FO01293K>
- Rufino, M. S. M., Nazareno, L. S. Q., Alves, R. E., & Fernandes, F. A. N. (2020). Kinetic modeling and evaluation of free radical-scavenging behavior in oils: application to four tropical and subtropical fruits in a DPPH system. *Food Science and Technology (Campinas)*, 40(2), 270-276. <http://dx.doi.org/10.1590/fst.03819>
- Sánchez-Moreno, C., Larrauri, J. A., & Saura-Calixto, F. (1998). A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 76(2), 270-276. [http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199802\)76:2<270::AID-JSFA945>3.0.CO;2-9](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199802)76:2<270::AID-JSFA945>3.0.CO;2-9)
- Santos, M. D. F. G., Mamede, R. V. S., Rufino, M. D. S. M., Brito, E. S., & Alves, R. E. (2015). Amazonian native palm fruits as sources of antioxidant bioactive compounds. *Antioxidants*, 4(3), 591-602. PMID:26783846. <http://dx.doi.org/10.3390/antiox4030591>
- Santos-Sánchez, N. F., Salas-Coronado, R., Hernández-Carlos, B., & Villanueva-Cañongo, C. (2019). Shikimic acid pathway in biosynthesis of phenolic compounds, In M. Soto-Hernández, R. García-Mateos & M. Palma-Tenango (Eds.), *Plant physiological aspects of phenolic compounds*. London: Intech Open. <https://doi.org/10.5772/intechopen.83815>
- Schiassi, M. C. E. V., Souza, V. R. D., Lago, A. M. T., Campos, L. G., & Queiroz, F. (2018). Fruits from the Brazilian Cerrado region: physico-chemical characterization, bioactive compounds, antioxidant activities, and sensory evaluation. *Food Chemistry*, 245, 305-311. PMID:29287376. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.10.104>
- Silva, S. T., Pinto, E. G., & Soares, D. (2018a). Biscoito tipo cookie de farinha de amêndoa de pequi: avaliação física e química. *Enciclopédia Biosfera*, 15(27), 1401-1410. http://dx.doi.org/10.18677/EnciBio_2018A120
- Silva, E. N., Farinas, L. O., & Cadore, S. (2018b). The total concentration and bioaccessible fraction of nutrients in purées, instant cereals and infant formulas by ICP OES: a study of dietary recommended intakes and the importance of using a standardized in vitro digestion method. *Journal of Food Composition and Analysis*, 68, 65-72. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2017.06.007>
- Souza, V. R., Pereira, P. A. P., Queiroz, F., Borges, S. V., & Carneiro, J. D. S. (2012). Determination of bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Cerrado Brazilian fruits. *Food Chemistry*, 134(1), 381-386. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.02.191>
- Vaissie, P.; Monge, A., & Husson, F. (2018). *Factoshiny: Perform Factorial Analysis from 'FactoMineR' with a Shiny Application. R package version 1.0.7*. USA: FactoMineR's.
- Xu, K., Alves-Santos, A. M., Dias, T., & Naves, M. M. V. (2020). Grumixama (*Eugenia brasiliensis* Lam.) cultivated in the Cerrado has high content of bioactive compounds and great antioxidant potential. *Ciência Rural*, 50(4), e20190630. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20190630>

Funding: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso. Edital 46/2016 processo número 0510763/ 2017.

Received: Mar. 29, 2021; Accepted: Jan. 31, 2022

Associate Editor: Maria Teresa Bertoldo Pacheco.