



FITOQUÍMICOS DO EPICARPO DO ARAÇÁ-VERMELHO (*Psidium catteyanum* Sabine): ALTERNATIVA DE EXTRAÇÃO VERDE

DOUGLAS H. LACORTE^{1*}, MÁRCIO D. CARVALHO², TEREZA L. RODRIGUES¹,
CAROLINE C. MORAES¹, GABRIELA S. DA ROSA^{1,2}

¹Universidade Federal do Pampa, Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais

²Universidade Federal do Pampa, Graduação em Engenharia Química

*e-mail: hardtdouglas@gmail.com

RESUMO – O presente estudo realizou a extração de fitoquímicos do epicarpo do araçá-vermelho, com metodologia ambientalmente amigável, no intuito de viabilizar novas fontes sustentáveis como aditivos naturais. O extrato obtido foi caracterizado quanto ao teor de compostos fenólicos totais (CFT), atividade antioxidante (AA) e antocianinas totais (AT). Além disso, recorreu-se a cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) para quantificar os compostos fenólicos individuais. O extrato apresentou CFT de $30,61 \pm 0,63$ mg GAE.g⁻¹, AA de $92,44 \pm 0,18\%$ e AT de $57,48 \pm 5,66$ mg cianidina-3-glicosídeo.100g⁻¹. Através da CLAE foi possível identificar fitoquímicos com ampla gama de aplicações no tratamento de diversas doenças, indicando que o epicarpo do araçá-vermelho é um resíduo promissor para uso como aditivo natural.

INTRODUÇÃO

O Brasil é o país com a maior biodiversidade do planeta, com muitas espécies ainda desconhecidas e pouco estudadas (Valli *et al.*, 2018). Isso chama atenção do meio científico, farmacêutico e alimentício devido aos vegetais possuírem fitoquímicos em sua composição, que podem ser aproveitados em diversas aplicações por sua ação antioxidante primária, que ocorre através da doação de átomos de hidrogênio promovendo inativação de radicais livres (Spiegel *et al.*, 2020). Além disso, também são fontes ecologicamente amigáveis e sustentáveis.

A maior classe de fitoquímicos são os compostos fenólicos, e há relatos na literatura de aplicações em embalagens para melhorar a vida útil de alimentos (Martiny *et al.*, 2020), no tratamento de feridas cutâneas (Araruna *et al.*, 2021) e combate a doenças cardiovasculares (Altinoz *et al.*, 2018). Buscando diminuir os efeitos colaterais da quimioterapia e radioterapia, também são amplamente estudados no tratamento de câncer, como exemplos, o câncer de pulmão (Velli *et al.*, 2019), leucemia (Semaming *et al.*, 2015) e

câncer de mama (Kim *et al.*, 2019). Para essas aplicações é importante compreender se os benefícios são gerados por fitoquímicos específicos ou por um conjunto deles. Por isso, diversas pesquisas focam estudar a ação antioxidante de compostos isolados, como o ácido gálico, ácido ferúlico, ácido clorogênico, quercetina, entre outros (Fernandes-Negreiros *et al.*, 2020; Qie *et al.*, 2021; Valério *et al.*, 2021; Tian *et al.*, 2021; Jaiswal *et al.*; 2021).

Entre as espécies nativas brasileiras com fitoquímicos em sua composição, encontra-se o araçá (*Psidium catteyanum* Sabine), pertencente à família *Myrtaceae*. Esse fruto, de formato globoso, suculento e com alto teor de sementes é encontrado nos morfotipos vermelho e amarelo, sendo o vermelho rico em antocianinas em seu epicarpo, que corresponde à camada mais externa do fruto (Maregalli *et al.*, 2020). Apresenta período de maturação durante o verão, sendo altamente perecível e pouco difundido no mercado.

Com base no exposto, o presente trabalho teve como objetivo realizar extração verde de fitoquímicos do epicarpo do araçá-vermelho e avaliar o potencial de obter-se um extrato rico em compostos fenólicos totais, atividade



antioxidante e antocianinas totais, além de identificar e quantificar compostos fenólicos individuais por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE).

MATERIAIS E MÉTODOS

Preparo da biomassa

Os frutos de araçá-vermelho foram colhidos nas coordenadas -31,553710°, -53,683664°, no município de Candiota, Rio Grande do Sul, Brasil, em fevereiro de 2022. Inicialmente os frutos de araçá-vermelho foram higienizados com água corrente e hipoclorito de sódio 2%, seguido de lavagem com água destilada. O epicarpo dos frutos foi separado manualmente, congelado em freezer a -18°C e liofilizado a -50°C por 24 h (Terroni, LS3000, São Carlos, Brasil). Depois, as amostras foram moídas em moinho analítico (IKA, A11, Darmstadt, Alemanha) e peneiradas (60 mesh, Indústria Metalúrgica Bertel, Caieiras, Brasil), onde foram utilizadas na extração partículas com diâmetro menor que 0,250 mm. A biomassa foi encaminhada diretamente à extração após peneiramento. A Figura 1 mostra o araçá nas etapas de processamento. A Fig. 1a ilustra o araçá *in natura*, a Fig. 1b após liofilização e Fig. 1c após moagem.

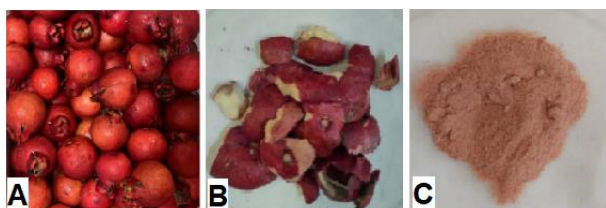


Figura 1: Preparo do araçá para extração

Extração da biomassa

A metodologia de extração adotada foi por maceração. A extração foi realizada com solvente hidroalcolólico sem alteração do pH. Foi utilizado 1 g de amostra para 50 mL de solvente. Os extratos foram preparados em banho metabólico (Dubnoff, QUIMIS, Brasil) com agitação constante na escala 80% do equipamento no tempo de 2 h. A temperatura de extração (76°C) e concentração do solvente (32% etanol v/v) foram determinadas por estudos anteriores (CARVALHO *et al.*, 2022;

MORAES *et al.*, 2022). Decorrido o tempo de extração, os extratos foram centrifugados em centrífuga microprocessada (QUIMIS®), filtrados com filtro de seringa de 0,45 µm e encaminhados à caracterização.

Caracterização dos extratos

Compostos fenólicos totais (CFT): Para a quantificação de CFT recorreu-se ao método de Folin-Ciocalteu (Singleton *et al.*, 1999). Foram adicionados 10 mL de água destilada, 0,5 mL de extrato, seguido de 1 mL de reagente Folin-Ciocalteu. Após 5 min, é adicionado 8 mL de Na₂CO₃ 7,5% e a mistura permanece em repouso no escuro e em temperatura ambiente durante 2 h. Foram feitas medidas de absorvância em espectrofotômetro (UV 755B, EQUILAM, Diadema, Brasil), no comprimento de onda de 765 nm. Os resultados são estimados com auxílio da curva padrão do ácido gálico (50 a 1000 mg.mL⁻¹) e foram expressos em mg GAE (*gallic acid equivalent*) por g de amostra.

Atividade antioxidante (AA): O extrato foi submetido ao método de redução do radical livre DPPH (Brand-Williams *et al.*, 1995). Consiste na adição de 200 µL de extrato, seguido de 7,8 mL de solução metanólica de DPPH (6x10⁻⁵ M). A mistura ficou em repouso no escuro por 30 min e posteriormente foi lida em espectrofotômetro a 517 nm. O resultado foi obtido pela Equação 1, onde Abs_b representa a absorvância do branco (onde é adicionado 200 µL do solvente no lugar do extrato) e Abs_e a absorvância da mistura contendo o extrato. O resultado é expresso em porcentagem do radical DPPH reduzido pelo o extrato.

$$AA(\%) = \frac{Abs_b - Abs_e}{Abs_b} * 100 \quad (1)$$

Antocianinas totais (AT): O procedimento para determinação do teor de antocianinas totais é feito a partir de medidas de absorvância do extrato em espectrofotômetro, no comprimento de onda de 520 nm. Os resultados foram estimados com auxílio da curva padrão da cianidina-3-glicosídeo (0,005 a 0,1 mg.mL⁻¹), e foram expressos em mg de cianidina-3-glicosídeo por 100 g de amostra.



Cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE): Para identificar e quantificar os compostos fenólicos individuais foi utilizado cromatógrafo (*Agilent 64*) equipado com uma bomba quaternária (1200 Series) e um detector de arranjo de diodos (DAD) (*Agilent 1260 Series*). A separação ocorre em uma coluna LC de fase reversa *Eclipse Plus C18*. A temperatura utilizada foi de 30°C, com taxa de fluxo de eluente a 1 mL.min⁻¹, sendo o volume injetado de amostra de 20 µL. Os solventes utilizados para a separação foram 0,2% ácido acético, metanol P.A e acetonitrila P.A. A detecção dos fitoquímicos foi feita em duplicata, com duas medidas para cada extrato. Foram utilizados comprimentos de onda de 280 e 520 nm para os fenólicos e antocianinas, respectivamente. Os fitoquímicos foram quantificados utilizando curvas de calibração com padrões cromatográficos *Sigma Aldrich* (St. Louis, MO USA), sendo esses: ácido gálico, ácido clorogênico, ácido cafeico, ácido p- cumárico, ácido ferúlico, ácido cinâmico, quercetina, kaempferol e cianidina-3-glicosídeo.

RESULTADOS E DISCUSSAO

Através da caracterização foi possível estimar CFT de 30,61 ± 0,63 mg GAE.g⁻¹ b.s, AA de 92,44 ± 0,18% e AT de 57,48 ± 5,66 mg cianidina-3-glicosídeo.100g⁻¹ b.s. Para CFT e AA, os valores foram maiores do que foi reportado por Medina *et al.* (2011), que realizaram extração de todo o fruto de araçá-vermelho em agitador orbital durante 1 h, utilizando água como solvente em temperatura ambiente e apresentaram valores de 5,90 mg GAE.g⁻¹ e 30,25%, respectivamente. Os resultados alcançados no presente trabalho podem estar associados com o uso da solução hidroalcolica. Herrero; Cifuentes; Ibanez (2006) afirmam que o etanol possui boa eficiência de extração dos fitoquímicos devido sua baixa viscosidade, beneficiando a penetração nos capilares da biomassa e favorecendo a transferência por difusão, além de apresentar as vantagens de ser atóxico e sustentável. Em relação ao conteúdo de AT, Maregalli *et al.* (2020) encontraram 116 mg

cianidina.100g⁻¹ ao realizarem extração do epicarpo do araçá-vermelho por maceração durante 2 h e temperatura de 40°C, utilizando solvente 90% etanol acidificado a pH 1,5. Esse resultado mostra que as antocianinas são mais estáveis em pHs ácidos. No presente estudo optou-se por não alterar o pH do solvente, mantendo-se em 5,5 durante a extração. Essa escolha foi determinada visando ampliar a gama de aplicações do extrato, como por exemplo área médica e alimentícia.

A Tabela 1 apresenta os resultados da caracterização individual de compostos fenólicos por CLAE.

Tabela 1: Caracterização por CLAE. *média ± desvio médio (n = 4).

Compostos	Concentração (mg.g ⁻¹) b.s
Ácido gálico	0,736 ± 0,011
Ácido clorogênico	0,427 ± 0,011
Ácido cafeico	0,260 ± 0,011
Ácido p-cumárico	0,270 ± 0,001
Ácido ferúlico	0,354 ± 0,016
Ácido cinâmico	0,095 ± 0,001
Quercetina	1,591 ± 0,044
Kaempferol	0,954 ± 0,027
Cianidina-3-glicosídeo	2,433 ± 0,005

No estudo de Ribeiro *et al.* (2014), que realizaram extração do epicarpo do araçá vermelho com etanol absoluto, sob agitação magnética por 4 h e temperatura de 25°C, encontraram 0,464 mg.g⁻¹ de ácido gálico, 0,069 mg.g⁻¹ de ácido clorogênico e 0,115 mg.g⁻¹ de quercetina. Já Medina *et al.* (2011), em metodologia de extração do araçá-vermelho já mencionada, quantificaram 0,031 mg.g⁻¹ para o ácido p-cumárico e 0,006 mg.g⁻¹ para o ácido ferúlico. Para o ácido cafeico, Malmann *et al.* (2020) realizaram extração do fruto inteiro de araçá vermelho com solução 80% metanol, em agitação vórtex por 3 min e estimaram 0,043 mg.g⁻¹. O ácido cinâmico e kaempferol não foram identificados no araçá-vermelho em nenhum dos estudos avaliados, entretanto, Pereira *et al.* (2020) ao realizar extração do



araçá-amarelo com metanol durante 5 min sob agitação vórtex identificaram 0,0002 mg.g⁻¹ de kaempferol. Dentre os compostos quantificados, a cianidina-3-glicosídeo foi o fitoquímico encontrado com maior abundância, o que era esperado pois essa antocianina é responsável pela coloração vermelha do epicarpo do araçá.

Em geral, os valores reportados pela literatura são inferiores aos que foram apresentados na Tabela 1. Dentre os autores citados, Medina *et al.* (2011), Pereira *et al.* (2020) e Malmann *et al.* (2020), utilizaram tempos de extração inferiores (1 h, 5 min e 3 min, respectivamente). Já Ribeiro *et al.* (2014) utilizaram o dobro do tempo que foi empregado no presente estudo (4 h). Um menor tempo de contato com a biomassa pode acarretar em uma transferência de massa incompleta e um tempo muito elevado pode oxidar os fitoquímicos. Esses resultados indicam que o tempo utilizado no presente artigo, que foi estudado por Maregalli *et al.* (2020) para extração do epicarpo de araçá-vermelho, apresenta maior eficiência de extração.

Outra hipótese que pode corroborar com os resultados é o tempo de armazenamento da matriz vegetal. Não há como fazer comparativo, tendo em vista que essa informação não é dada pelos autores. Entretanto, a biomassa utilizada neste artigo ficou armazenada sob congelamento por apenas uma semana e foi encaminhada diretamente à extração após liofilização e moagem. O armazenamento de matrizes vegetais por períodos prolongados ocasiona na perda de fitoquímicos (Dalla Nora *et al.*, 2014).

Os compostos identificados por HPLC apresentam ação antioxidante, sendo promissores no tratamento de diversas doenças. O ácido gálico é estudado para o tratamento de glioblastoma, tumor que afeta o cérebro ou a coluna vertebral, câncer de cólon, próstata e nasofaringe (Park, 2017; Paolini *et al.*, 2015; Zhou *et al.*, 2016; Heidarian *et al.*, 2016). O ácido cafeico e ácido p-cumárico também mostram efeito na remissão de câncer de pulmão, sendo estudados também em câncer de próstata e cólon (Kilinc *et al.*, 2019; Sharma *et al.*, 2019; Lu *et al.*, 2018). O ácido ferúlico,

além dos tumores já mencionados, também se mostra favorável no tratamento de osteossarcoma, câncer de mama e tireóide (Zhang *et al.*, 2017; Sudhagar *et al.*, 2018; Dodurga *et al.*, 2016).

Além disso, também se destacam os flavonoides quercetina, kaempferol e cianidina-3-glicosídeo, que apresentam ação anti-inflamatória (Tian *et al.*, 2021). A cianidina-3-glicosídeo, por ser um forte pigmento natural, é estudada como substituta de corantes artificiais (Vega *et al.*, 2021) e pode ser utilizada como corante antioxidante em alimentos como geleias, por exemplo (Fonseca, 2012).

Por fim, a metodologia apresentada tem potencial para aplicação em larga escala. O extrato do epicarpo do araçá-vermelho se mostrou uma fonte sustentável que pode ser utilizado como aditivo natural na formulação de produtos antioxidantes, agindo em benefício da saúde humana e sendo promissor para substituição de aditivos sintéticos.

CONCLUSÃO

Considerando os dados obtidos, conclui-se que através de metodologia ambientalmente amigável, foi possível extrair compostos fenólicos e antocianinas do epicarpo de araçá-vermelho com resultados satisfatórios. A cromatografia líquida de alta eficiência indicou a presença de compostos benéficos à saúde humana através de ação antioxidante e anti-inflamatória. Além disso, ficou evidente que o resíduo desse fruto possui alta capacidade antioxidante, inibindo 92,44% do radical DPPH, apresentando potencial de uso como aditivo natural no desenvolvimento de novos produtos. Entretanto, ainda se faz necessário avaliar o potencial antioxidante por outras metodologias, como o *Ferric Reducing Antioxidant Power* (FRAP) e captura do radical ABTS 2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico), além de estudar a estabilidade desses fitoquímicos em associação com outros materiais.

AGRADECIMENTOS



Os autores agradecem à Universidade Federal do Pampa pelo apoio e auxílio técnico, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a Fundação de Amparo à pesquisa do Estado do RS (FAPERGS) pelo suporte financeiro.

NOMENCLATURA

Notação	Símbolo	Unidade
Absorbância	<i>Abs</i>	-
Atividade antioxidante	AA	-
Antocianinas totais	AT	mg.g ⁻¹
Base seca	b.s	-
Compostos fenólicos totais	CFT	mg.g ⁻¹
Cromatografia líquida de alta eficiência	CLAE	-

REFERÊNCIAS

- ALTINOZ, M. A.; ELMACI, I.; OZPINAR, A. (2018), Gentisic acid, a quinonoid aspirin metabolite in cancer prevention and treatment. *New horizons in management of brain tumors and systemic cancers*. *J. Cancer Res. Oncobiol*, v. 1, e109.
- ARARUNA, F. O. S.; ARARUNA, F. B.; PEREIRA, L. P. L. A.; BRITO, M. C. A.; GOMES, P. D. B.; SANTOS, D. C. P.; FIRMO, W. C. A.; ROCHA, A. A.; RODRIGUES, K. A. F.; SANTANA, A. A.; NUNES, L. C. C.; COUTINHO, D. F. (2021). Development and characterization of curative films based on *Attalea speciosa* Mart mesocarp. ex Spreng and glycolic extract of *Aloe vera* (L.) Burm. f. *Research, Society and Development*, v. 10, e30310212520.
- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. (1995), Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, 1995, v. 28, p. 25-30.
- CARVALHO, M. L. D.; LACORTE, D. H.; MORAES, C. C.; ROSA, G. S. (2022), Avaliação da influência da temperatura na recuperação de bioativos presentes na casca do araçá-vermelho. *Anais do II Web Encontro Nacional de Engenharia Química (WENDEQ)*.
- DODURGA, Y.; EROGLU, C.; SECME, M.; ELMAS, L.; AVCI, C. B.; SATIROGLU-TUFAN, N. L. (2016), Anti-proliferative and anti-invasive effects of ferulic acid in TT medullary thyroid cancer cells interacting with URG4/URGCP. *Tumor Biology*, v. 37, p. 1933–1940.
- FERNANDES-NEGREIROS, M. M.; BATISTA, L. A. N. C.; SILVA VIANA, R. L.; ARAUJO SABRY, D.; PAIVA, A. A. O.; PAIVA, W. S.; MACHADO, R. I. A.; SOUSA JUNIOR, F. L. D.; DE LIMA PONTES, D.; VITORIANO, J. D. O.; ALVES JUNIOR, C.; LANZI SASSAKI, G.; ROCHA, H. A. O. (2020), Gallic Acid-Laminarin Conjugate Is a Better Antioxidant than Sulfated or Carboxylated Laminarin. *Antioxidants*, v. 9, e1192.
- FONSECA, L. X. (2012), Caracterização de frutos de butiazeiro (*Butia odorata* Barb. Rodr.) Noblick & Lorenzi e estabilidade de seus compostos bioativos na elaboração e armazenamento de geleias. *Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Porto Alegre – RS, 69p.*
- HEIDARIAN, E.; KELOUSHADI, M.; GHATREH-SAMANI, K.; VALIPOUR, P. (2016), The reduction of IL-6 gene expression, pAKT, pERK1/2, pSTAT3 signaling pathways and invasion activity by gallic acid in prostate cancer PC3 cells. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, v. 84, p. 264–269.
- HERRERO, M.; CIFUENTES, A.; IBANEZ, E. (2006), Sub and supercritical fluid extraction of functional ingredients from different natural sources: plants, food-by-



- products, algae and microalgae: a review. *Food Chemistry*, v. 98, n. 1, p. 136-148.
- JAISWAL, V.; PARK, M.; LEE, H. J. (2021), Comparative Transcriptome Analysis of the Expression of Antioxidant and Immunity Genes in the Spleen of a Cyanidin 3-O-Glucoside-Treated Alzheimer's Mouse Model. *Antioxidants*, v. 10, e1435.
- KILINC, K.; DEMIR, S.; TURAN, I.; MENTESE, A.; OREM, A.; SONMEZ, M.; ALIYAZICIOGLU, Y. (2019), Rosa canina Extract has Antiproliferative and Proapoptotic Effects on Human Lung and Prostate Cancer Cells. *Nutrition and Cancer*, v. 72, p. 273-282.
- KIM, M. S.; LEE, C. W.; KIM, J. H.; LEE, J. C.; AN, W. G. (2019), Extract of *Rhus verniciflua* Stokes Induces p53-Mediated Apoptosis in MCF-7 Breast Cancer Cells. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, v. 2019, e9407340.
- LU, Y.; SHAN, S.; LI, H.; SHI, J.; ZHANG, X.; LI, Z (2018). Reversal Effects of Bound Polyphenol from Foxtail Millet Bran on Multidrug Resistance in Human HCT-8/Fu Colorectal Cancer Cell. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 66, p. 5190–5199.
- MALMANN, L. P. TISCHER, B.; VIZZOTTO, M.; RODRIGUES, E.; MANFROI, V. (2020), Comprehensive identification and quantification of unexploited phenolic compounds from red and yellow araçá (*Psidium cattleianum* Sabine) by LC-DAD-ESI-MS/MS. *Food Research International*, v. 131, e108978.
- MAREGALLI, M. M.; Puton, B. M. S.; Camera, F. D.; Amaral, A. U.; Zeni, J.; Cansian, R. L.; Mignoni, M. L.; Backes, G. T. (2020), Conventional and ultrasound-assisted methods for extraction of bioactive compounds from red araçá peel (*Psidium cattleianum* Sabine). *Arabian Journal of Chemistry*, v. 13, p. 5800-5809.
- MARTINY, T. R.; RAGHAVAN, V.; MORAES, C. C. D.; ROSA, G. S. D.; DOTTO, G. L. (2020). Bio-Based Active Packaging: Carrageenan Film with Olive Leaf Extract for Lamb Meat Preservation. *Foods*, v. 9, e1759.
- MEDINA, A. L. HAAS, L. I. R.; CHAVES, F. C.; SALVADOR, M.; ZAMBIAZI, R. C.; SILVA, W. P. D.; NORA, L.; ROMBALDI, C. V. (2011), Araçá (*Psidium cattleianum* Sabine) fruit extracts with antioxidant and antimicrobial activities and antiproliferative effect on human cancer cells. *Food Chemistry*, v. 128, p. 916-922.
- MORAES, M. M.; LACORTE, D. H.; CARVALHO, M. L. D.; MORAES, C. C.; ROSA, G. S. (2022). Extração dos compostos bioativos da casca do araçá-amarelo: influência das condições operacionais. *Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Fruticultura*. Florianópolis – SC.
- PAOLINI, A.; CURTI, V.; PASI, F.; MAZZINI, G.; NANO, R.; CAPELLI, E. (2015), Gallic acid exerts a protective or an anti-proliferative effect on glioma T98G cells via dose-dependent epigenetic regulation mediated by miRNAs. *International Journal of Oncology*, v. 46, p. 1491–1497.
- PARK, W.H. (2017), Gallic acid induces HeLa cell death via increasing GSH depletion rather than ROS levels. *Oncology Reports*, v. 37, p. 1277–1283.
- PEREIRA, E. S.; VINHOLES, J. R.; CAMARGO, T. M.; NORA, F. R.; CRIZEL, R. L.; CHAVES, F.; NORA, L.; VIZZOTTO, M. (2020), Characterization of araçá fruits (*Psidium cattleianum* Sabine): Phenolic composition,



- antioxidant activity and inhibition of α -amylase and α -glucosidase. *Food Bioscience*, v. 37, n. 12, e100665.
- QIE, X.; CHEN, W.; ZENG, M.; WANG, Z.; CHEN, J.; DOUGLAS, H. G.; HE, Z. (2021), Interaction between β -lactoglobulin and chlorogenic acid and its effect on antioxidant activity and thermal stability. *Food Hydrocolloids*, v. 2021, e107059.
- RIBEIRO, A. B.; CHISTÉ, R. C.; FREITAS, M.; DA SILVA, A. F.; VISENTAINER, J. V.; FERNANDES, E. (2014). Psidium cattleianum fruit extracts are efficient in vitro scavengers of physio-logically relevant reactive oxygen and nitrogen species. *Food Chemistry*, v. 165, p. 140–148.
- SEMAMING, Y.; PANNENGPETCH, P.; CHATTIPAKORN, S. C.; CHATTIPAKORN, N. (2015), Pharmacological properties of protocatechuic Acid and its potential roles as complementary medicine. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, v. 2015, e593902.
- SHARMA, S. H.; RAJAMANICKAM, V.; NAGARAJAN, S. (2019), Supplementation of p-coumaric acid exhibits chemopreventive effect via induction of Nrf2 in a short-term preclinical model of colon cancer. *European Journal of Cancer Prevention*, v. 28, p. 472–482.
- SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTOS, R. M. (1999), Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-ciocalteu Reagent. *Methods in enzymology*, v. 299, p. 152–178.
- SPIEGEL, M.; KAPUSTA, K.; KOŁODZIEJCZYK, W.; SALONI, J.; ŻBIKOWSKA, B.; HILL, G. A.; SROKA, Z. (2020), Antioxidant Activity of Selected Phenolic Acids–Ferric Reducing Antioxidant Power Assay and QSAR Analysis of the Structural Features. *Molecules*, v. 25, 3088.
- SUDHAGAR, S.; SATHYA, S.; ANURADHA, R.; GOKULAPRIYA, G.; GEETHARANI, Y.; LAKSHMI, B. S. (2018), Inhibition of epidermal growth factor receptor by ferulic acid and 4-vinylguaiacol in human breast cancer cells. *Biotechnology Letters*, v. 40, p. 257–262.
- TIAN, C.; LIU, X.; CHANG, Y.; WANG, R.; LV, T.; CUI, C.; LIU, M. (2021), Investigation of the anti-inflammatory and antioxidant activities of luteolin, kaempferol, apigenin and quercetin. *South African Journal of Botany*, v. 137, p. 257-264.
- VALÉRIO, R.; SERRA, A. T.; CARDEIRA, J. B. M.; FERNÁNDEZ, N.; BRONZE, M. R.; DUARTE, L. C.; TAVARES, M. L.; CRESPO, J. G.; BRAZINHA, C. (2021), Combined hydrothermal pre-treatment and enzymatic hydrolysis of corn fibre: Production of ferulic acid extracts and assessment of their antioxidant and antiproliferative properties. *Industrial Crops and Products*, v. 170, e113731.
- VALLI, M.; RUSSO, H. M.; BOLZANI, V. S. (2018), The potential contribution of the natural products from Brazilian biodiversity to bioeconomy. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, v. 90, p. 763–778.
- VEGA, E. N.; MOLINA, A. K.; PEREIRA, C.; DIAS, M. I.; HELENO, S. A.; RODRIGUES, P.; FERNANDES, I. P.; BARREIRO, M. F.; STOJKOVIĆ, D.; SOKOVIĆ, M.; CAROCHO, M.; BARREIRA, J.C.M.; FERREIRA, I.C.F.R.; BARROS, L. (2021), Anthocyanins from *Rubus fruticosus* L. and *Morus nigra* L. Applied as Food



Colorants: A Natural Alternative. Plants, v.10, e1181.

VELLI, S. K.; SUNDARAM, J.; MURUGAN, M.; BALARAMAN, G.; THIRUVENGADAM, D. (2019), Protective effect of vanillic acid against benzo(a)pyrene induced lung cancer in Swiss albino mice. *Journal of Biochemical and Molecular Toxicology*, v. 33, e22382.

ZHANG, X. D.; WU, Q.; YANG, S. H. (2017), Ferulic acid promoting apoptosis in human osteosarcoma cell lines. *Pakistan Journal of Medical Sciences*, v. 33, p. 127–131.

ZHOU, Y.; ZHENG, J.; LI, Y.; XU, D. P.; LI, S.; CHEN, Y. M.; LI, H. B. (2016), Natural Polyphenols for Prevention and Treatment of Cancer. *Nutrients*, v. 8, e515.